Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomathique
T. LVIII Nos 9-10 1951

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

La Chimie, clé pour une existence meilleure

Du 3 au 13 septembre 1951, se sont déroulés à New-York et à Washington, une série de manifestations où la chimie fut à l'honneur. Il s'agissait de la célébration du 75e anniversaire de la Société chimique américaine (A. C. S.), du 50e anniversaire du Bureau of Standards, du 12e Congrès international de Chimie pure et appliquée et de la 16e Conférence de l'Union internationale de chimie.

A cause de la présence de nombreux délégués étrangers. des manifestations supplémentaires ont eu lieu en dehors des dates ci-dessus, par exemple, la Société microchimique américaine s'est réunie le 20 septembre au Museum d'Histoire naturelle de New-York pour entendre une conférence sur les applications de la thermobalance à la Chimie.

Nous ne nous occuperons dans cet article que de la célébration du Jubilé Diamant de la Société chimique américaine .

***

Cette manifestation a rassemblé 15.000 chimistes. Préparée de longue date, elle retenait l'attention du profane par des affiches énormes, éclairées de nuit, exposées dans les rues et dans les deux grandes gares de New-York, par une série de panneaux fort bien composés, disposés dans la poste principale et donnant, avec les portraits des grands chimistes américains, une illustration de l'importance de la chimie pour la vie journalière.

Le droit d'enregistrement s'élevait à 7,50 dollars pour les membres et les visiteurs, à 12,50 dollars pour les non-membres de la Société. Une somme de 400.000 dollars fut distribuée à 250 chercheurs de moins de 40 ans, appartenant aux pays touchés par le

plan Marshall ; de son côté, la fondation Ford en donna 125.000 pour permettre à 60 jeunes chimistes d'autres pays de faire le voyage.

Quatre-vingts sociétés scientifiques, y compris l'Académie des Sciences, se sont associées à la Société chimique.

Trente-huit nations étaient effectivement représentées. Environ cent-vingt personnalités françaises firent le voyage en avion ou en bateau.

Les cérémonies se sont déroulées par un temps splendide ; elles débutèrent le 3 septembre, à l'Université de New-York, par l'inauguration d'une plaque anniversaire et défilé des professeurs en robe.

Le rédacteur en chef de *Chemical Abstracts*, Dr E.-J. Crane, reçut la médaille Priestley et s'éleva dans son discours de remerciement contre l'ingérence de la politique dans les publications scientifiques, avec cette phrase un peu rude : « Le pouvoir d'empêcher l'information scientifique ne devrait jamais être dans les mains de ceux qui ne peuvent la comprendre. » Puis, ce fut la remise de nombreux prix, pour la plupart de 1.000 dollars. Citons, au hasard, le prix Fritzsche au Dr René Naves, des Etablissements Givaudan, de Genève, et le prix de l'A. C. S., au Dr Brown ,de l'Université de Chicago, pour sa participation pendant la guerre au projet de la bombe atomique.

La cérémonie du 5 septembre fut d'un autre genre, les 77 délégués des trente-huit nations invitées ayant revêtu leurs robes chamarrées, furent présentés par le Prof. Mark au président Furman, afin de remettre les respects de leurs sociétés respectives. Le discours tout à fait spirituel de J.-B. Conant, président de l'Université Harvard, décrivit ce qu'un chimiste sceptique voyait pour la période 1960-1980, après avoir regardé dans la populaire boule de cristal de la petite « Alice au pays des merveilles ».

*
**

Un timbre spécial de 3 cents et des enveloppes datées du 4 septembre furent mis en vente avec le cérémonial habituel ; les photos que j'ai sous les yeux montrent des centaines de philatélistes acharnés à posséder les précieuses vignettes.

Il y eut vernissage d'un Salon pour les œuvres (peinture à huile et à eau, céramique, etc.), exposées par des chimistes et distribution de récompenses après vote du public.

Le siège du Congrès fut le grand Hôtel Statler de New-York. Le salon d'accueil pour les étrangers, le salon pour dames, le salon pour dames chimistes ne méritent que des éloges à leurs organisateurs. Une très belle exposition de livres de chimie, classés par spécialités, réunissait les productions actuelles de 16 librairies. On voyait aussi une rétrospective des livres de chimie publiés en 1876.

Le banquet fut formidable. Organisé à l'Hôtel Waldorf-Astoria par Foster D. Snell, il comportait, à la lueur des bougies, 3.200 couverts. Des postes de télévision disséminés un peu partout dans la salle permirent de voir et d'entendre commodément le pasteur faire la prière d'usage, une artiste de l'Opéra interpréter de la musique française, le vice-président des Etats-Unis, Alban Barkley (le président Truman était justement empêché ce jour-là par le traité de San Francisco), réclamer la paix et la liberté. « En Science, disait-il, il y a un langage universel, un point de vue altruiste et un refus de travailler sous la tyrannie. L'Amérique est fière de ses savants qui peuvent contribuer à accomplir une ère de paix et de concorde. »

Les excursions et visites ont été, comme l'on pense, très nombreuses et fort bien organisées : laboratoires universitaires et d'usines, le Planetarium, la collection Frick, la visite de la ville, des buildings, l'excursion en bateau autour de New-York, les musées d'histoire naturelle et de peinture, les usines Merck, American Cyanamid Co, Radio Corporation, etc...

Nous avons été bien reçus partout et les collations accompagnant ces visites, si elles ne satisfaisaient pas toujours les palais français, étaient copieuses et cordiales.

Je n'ai pas de vue d'ensemble sur l'industrie chimique américaine ; il me paraît cependant, d'après quelques observations, que certains procédés semblent, du point de vue économique, difficilement s'appliquer à notre vieux continent. Les données ne sont pas les mêmes lorsque l'on trouve le charbon à la surface du sol et du pétrole pour presque rien. A part les laboratoires de recherches du Bureau of Standards qui sont vraiment admirables, ceux des universités ne me paraissent pas très supérieurs aux nôtres, mais la position du chercheur n'est pas du tout la même, car il a à sa disposition une foule de spécialistes qui lui facilitent grandement sa tâche ; le problème du petit personnel ne se pose pas. Parmi les dizaines de chercheurs que j'ai questionnés, aucun d'eux n'était obligé de laver lui-même les carreaux de son laboratoire ou d'avancer l'argent nécessaire pour que ses élèves puissent travailler. L'achat d'un balai, d'un timbre-poste, la rémunération à un livreur ne posent pas de problème insoluble avec l'administration.

Un sujet de conversation journalier fut la question des visas refusés à des personnes invitées, membres de commissions, présidents de séances, etc. Parlant de ces personnes, le Dr B.-D. Davis, de Cornell, admit l'idée « que cette sélection dans notre métabolisme intellectuel ne résulte pas de l'exclusion de facteurs de croissance » (rires). L'orateur conclut plus gravement par ces mots : « Nous (les Américains) sommes en train de nous rapprocher du stade où il ne sera plus convenable à un concile scientifique international d'être tenu dans cette contrée... »

Mais arrivons à la partie scientifique proprement dite du Jubilé. Les communications, au nombre de 694, sans compter les introductions des présidents de séance, étaient groupées en symposia

et devaient être faites en langue anglaise (les Américains comprennent difficilement le français et un peu mieux l'allemand). Vingt-deux ou vingt-trois salles de séances fonctionnaient à la fois. Pour donner une idée de l'ampleur du domaine traité, voici les titres des symposia les plus importants :

Nucléonique, traceurs, cellulose, résines vinyliques, alcaloïdes, nickel, polarographie, chimie du bois, engrais, polyélectrolytes, échanges d'ions, stéroïdes, forces de liaisons, nomenclature chimique, information chimique, pétroles, pesticides, silicones, textiles, peptides, méthodes analytiques des sucres, latex, mécanisme des réactions, tabac, géochimie, encres d'imprimerie, composés du fluor, charbon, corrosion par l'eau, cycles organiques à nombreux sommets et aspects économiques de la chimie analytique, symposium auquel j'ai eu l'honneur de participer par une conférence d'une heure.

De plus, la plupart des sections ont organisé des lunches ou des dinners dans lesquels un conférencier exposait un thème général (sans débat). En ce qui concerne la chimie analytique, c'est le Prof. C.-J. van Nieuwenburg, de l'Ecole technique supérieure de Delft, qui prit la parole pour exposer l'état actuel de la section de chimie analytique de l'Union internationale de Chimie dont il est le président ; puis Hans Lieb (de l'Ecole technique supérieure de Graz) remit la médaille Emich à F. Feigl, universellement connu pour ses recherches et ses livres sur les réactions à la touche.

Voici les titres des communications à ce Jubilé faites par des personnalités françaises : *G. Champetier* : Principes de la formation des dérivés de la cellulose ; *R. Delaby* : Histoire de l'Union internationale de chimie pure et appliquée ; *J. Courtois* : Trente ans de travail à la commission de nomenclature de chimie organique ; *C. Duval* et *J. Lecomte* : Remarques sur les spectres d'absorption infra-rouges des sels métalliques contenant des groupements du type XO_2 ; *R. Paul, P. Buisson, N. Joseph* : Activité catalytique des borures de nickel ; *O. Chalvet* et *R. Daudel* : Calcul des longueurs des liaisons dans les molécules conjuguées ; *A. Kastler* : Interprétation des raies Raman de basses fréquences dans les cristaux organiques et minéraux ; *Mlle Delwaulle* : Effet Raman de la liaison Ge-H dans les molécules $GeHX_3$; *C. Duval* : Nouveaux progrès dans la gravimétrie automatique.

Les résumés de toutes les communications ont été distribués avant l'ouverture du Congrès. En les parcourant, on est frappé par le nombre considérable des communications sur l'enseignement de la chimie, sur ce qu'il faut apprendre aux étudiants et la manière de le leur présenter. Toutes les communications n'étaient pas originales et elles étaient de valeurs très inégales. Les discussions étaient toujours intéressantes et m'ont beaucoup appris. On note également le nombre anormal de communications sur le tabac. Une question très travaillée est le problème de l'analyse des sucres ainsi que celle des polyélectrolytes. Naturellement, les problèmes de nucléoniques, de traceurs ont fait salle comble. Six cents personnes écoutaient le

Prof. Feigl parler de la sélectivité des réactions analytiques. J'ai écouté avec plaisir une communication sur la part des chimistes français dans le développement de la chimie américaine, ainsi qu'une autre décrivant le premier congrès international de chimie tenu à Karlsruhe en 1867.

Devant l'ampleur et le succès d'un tel Jubilé, on se demande ce que seront les fêtes du centenaire. Les savants américains à qui j'ai posé la question m'ont gentiment répondu que, dans 25 ans, ils ne seraient plus là pour s'en occuper, mais qu'ils plaignaient sincèrement leurs successeurs. On peut aussi rêver pendant des heures sur le rôle de la chimie pour accroître notre bien-être. Est-il logique de vendre en conserve des aliments dévitaminés pour les arroser ensuite de vitamines préparées chimiquement ? On vous répondra que cela fait marcher le commerce et l'industrie...

Clément DUVAL.

CONGRÈS INTERNATIONAL D'ANESTHÉSIOLOGIE

(Paris 20-22 septembre 1951)

Cent ans ont passé depuis que l'anesthésie a commencé, non sans peine, à se répandre par le monde ; longtemps empirique et rudimentaire, elle demande aujourd'hui des spécialistes avertis en état de manipuler des appareils de plus en plus complexes ; il y a toute une médication préanesthésique utilisant des associations médicamenteuses variées. Praticiens de l'anesthésie, médecins et chirurgiens qui l'utilisent, ont intérêt à se grouper avec les biochimistes qui synthétisent de nouveaux anesthésiques, avec les physiologistes et les pharmacologues qui étudient leurs effets sur l'organisme et la somme de leurs efforts peut, à bon droit, être considérée comme une science autonome qui a reçu le nom d'*anesthésiologie*. Dès avant la guerre, la Société Française d'Anesthésie et d'Analgésie avait envisagé de réunir un congrès international pour discuter de ces problèmes. Ce vœu vient enfin de se réaliser dans les trois journées qui se sont déroulées à la Salpétrière avec la participation de spécialistes du monde entier et notamment des Etats-Unis, où la technique de l'anesthésie est arrivée pendant la guerre à un grand perfectionnement. De nombreuses communications ont porté aussi bien sur la description de corps nouveaux, l'étude de leurs effets, que les modalités pratiques de leur utilisation. Le congrès qui a abouti sous les efforts de son président, le Prof. R. Monod, qui a tant fait pour que l'anesthésie française rattrape son retard, et

sous ceux du Dr Thalheimer, à la création d'une société internationale de coordination des travaux et des recherches, a comporté l'exposition de rapports documentés dont le texte a été publié dans un numéro spécial de la revue « Anesthésie et Analgésie » (juin 1951, Masson). M. Cara (de Paris) a exposé les diverses techniques d'enregistrement utilisables en anesthésie, discutant leur valeur et faisant entrevoir la possibilité suivant les principes de la cybernétique de régler automatiquement le niveau de l'anesthésie en commandant, par l'intensité de l'électricité cérébrale du patient, la vitesse d'injection de l'hypnotique ; une technique analogue pourrait relier le niveau de tension artérielle à la vitesse de transfusion. Trois autres rapports, ceux de Van de Walle (de Louvain), de Huguenard (de Paris) et de Bovet (de Rome) et Viaud (de Paris) ont fait le point de la question des curarisants ; on sait que ces poisons de flèche des Indiens qui avaient tant intéressé les physiologistes depuis Cl. Bernard sont devenus un des plus précieux auxiliaires du chirurgien et du médecin dans sa lutte contre les contractures. Les rapporteurs ont indiqué les propriétés des curares qui expliquent leur emploi, ont détaillé leurs indications et ont passé en revue les diverses drogues de synthèse toujours plus nombreuses qui sont aujourd'hui heureusement proposées pour remplacer les curares naturels. Ajoutons que des démonstrations, de pharmacodynamie notamment, sous la direction de Quevauviller, avaient été organisées et qu'il y eut projection d'intéressants films comme celui de Huguenard, véritable leçon sur les curares, leur origine, leur mode d'action et leurs emplois, celui de Quevauviller sur l'essai biologique des curares, celui de Santy et Marion (de Lyon) sur la réanimation cardiaque expérimentale, de Kirschbaum (de Détroit) sur l'emploi de la scopolamine en obstétrique, etc... La science a tout à gagner à de telles rencontres qui contribueront à faire progresser nos connaissances sur ces questions qui touchent à de nombreux points de la physiologie et de la pathologie, tout en présentant un grand intérêt pratique.

P. CHAUCHARD.

II^e CONGRÈS INTERNATIONAL DE BIOCHIMIE

(PARIS, 21-27 juillet 1952)

Président d'honneur : Professeur Gabriel Bertrand.
Président du Congrès : Doyen René Fabre.
Secrétaire général du Congrès : Professeur J.-E. Courtois.
Comité d'organisation : Prof. E. Aubel, Dr R. Bernier, Dr H.

Choay, Prof. Cl. Fromageot, Prof. R. Lévy, Pr. M. Machebœuf, Prof. P. Meunier, Prof. M. Polonovski, Prof. Y. Raoul, Prof. J. Roche, Prof. Ch. Sannié, Prof. R. Wurmser.

Le Premier Congrès International de Biochimie a permis de réunir à Cambridge, en août 1949, l'élite mondiale des biochimistes.

A la séance de clôture, les participants décidèrent à l'unanimité :

1°) de fixer à 1952 la date du second Congrès ;

2°) de confier son organisation à la Société de Chimie biologique qui avait suscité les premières réunions internationales de biochimistes.

La Société de Chimie biologique a constitué un Comité d'organisation qui est heureux de vous inviter cordialement à participer au Deuxième Congrès International de Biochimie.

Ce dernier sera ouvert officiellement le lundi 21 juillet 1952, à 9 heures, dans le Grand Amphithéâtre de la Sorbonne. Les séances du Congrès auront pour cadre la Sorbonne et les établissements universitaires voisins.

PROGRAMME DU CONGRES

A) *Etude de quelques sujets biochimiques d'actualité, au cours de sept symposiums.*

1. *Biochimie de l'Hématopoïèse* : Directeur scientifique Y. Raoul ; Secrétaire du symposium M. Piettę.
2. *Biogénèse des Protéines* : Directeur scientifique R. Wurmser ; Secrétaire du symposium J. Monod.
3. *Cycle Tricarboxylique* : Directeur scientifique M. Polonovski ; Secrétaire du symposium J. Nordmann.
4. *Hormones protéiques et dérivées des protéines* : Directeur scientifique J. Roche ; Secrétaire du symposium R. Michel.
5. *Métabolisme microbien* : Directeur scientifique E. Aubel ; Secrétaire du symposium G. Cohen.
6. *Mode d'action des antibiotiques* : Directeur scient. M. Machebœuf ; Secrétaire du symposium F. Gros.
7. *Biochimie des stéroïdes* : Directeur scientifique Ch. Sannié ; Secrétaire du symposium M. Jayle.

B. *Présentation de travaux originaux portant sur l'ensemble de la Biochimie.*

C. *Quatre conférences générales sur de grands problèmes biochimiques.*

Pour tous renseignements, s'adresser au Secrétaire général du Congrès : Professeur J.-E. Courtois, Faculté de Pharmacie, 4, av. de l'Observatoire, Paris (VI^e).

La photométrie de flamme

Son intérêt en analyse biologique et pour le contrôle des médicaments

par Louis DOMANGE, Suzanne LONGUEVALLE, LE MOAN.

Depuis quelques années on compte dans la littérature scientifique analytique un nombre croîssant de mémoires relatifs à la Photométrie de flamme. Descriptions d'appareils utilisés, techniques suivies, résultats obtenus dans divers domaines prennent une place chaque jour plus importante dans les publications.

Lorsqu'un atome « excité », donc amené à un certain niveau énergique W retombe à un niveau énergétique W', il émet une radiation électromagnétique de fréquence ν donnée par la relation

$$W - W' = h\,\nu$$ h étant la constante de Planck

L'état « excité » peut être obtenu de plusieurs façons, décharge dans un gaz raréfié, étincelle électrique, arc électrique, flamme (1). Dans la technique qui nous occupe c'est ce dernier mode d'excitation, le plus simple en somme, qui est utilisé.

Dans ces conditions un atome, porté en phase vapeur à une température suffisante, émet une série de raies de longueurs d'onde caractéristiques, dont l'intensité est fonction du nombre des atomes excités qui retombent à un niveau énergétique inférieur. On conçoit que si l'on parvient à mesurer l'intensité d'une raie et à établir la relation qui existe entre cette intensité et la concentration des atomes présents dans la flamme on aura là un moyen de mesurer cette concentration.

L'excitation par la flamme, manifestée par la couleur prise par cette flamme, est connue depuis longtemps et le spectroscope nous a permis, dès son origine, de repérer les raies émises par divers éléments. Tout analyste a ainsi recherché, à l'aide d'un fil de platine plongé dans la solution à étudier et introduit dans une flamme incolore, les métaux alcalins et alcalino-terreux. Deux causes permettent d'expliquer pourquoi une centaine d'années sépare les premiers essais qualitatifs des réalisations quantitatives actuelles. D'une part sans doute une sorte de manque d'audace des chercheurs qui, — il y avait d'autre part tant de choses à découvrir par ailleurs, — devant la fugacité de la teinte prise par la flamme et devant le nombre des facteurs suceptibles d'influencer l'intensité de cette teinte, se sont sentis découragés ; d'autre part, les progrès réalisés en photométrie depuis vingt-cinq ans, grâce aux cellules photoélectriques et aux

amplificateurs électroniques. Ces instruments ont seuls permis de reprendre le problème et de le résoudre avec un plein succès. En effet les appareils actuels, relativement simples, peuvent être manipulés dans tout laboratoire par un personnel non spécialement entraîné aux mesures physiques.

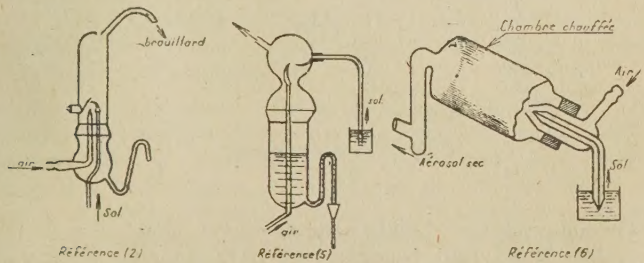
Ce retour en faveur de l'excitation par la flamme est si important que, pour un nombre croîssant de métaux, des spectroscopistes chevronnés abandonnent l'arc ou l'étincelle au profit de la flamme.

Mais il ne suffit pas de posséder un excellent dispositif photométrique si l'intensité de coloration de la flamme n'est pas suffisamment stable pendant le temps nécessaire à l'exécution d'une mesure.

L'intensité d'une raie est fonction, toutes autres choses égales, de la concentration du métal émetteur dans la flamme. Cette constance des « autres facteurs » est l'un des points les plus délicats à réaliser en spectrographie quantitative alors qu'avec une flamme on y parvient assez facilement.

Le but est atteint si d'une part la flamme a une combustion calme, parfaitement régulière, et si d'autre part elle est alimentée à vitesse constante avec le métal à doser.

Flamme. — Lundegarth (1) a résolu le problème en pulvérisant la solution saline à analyser à l'aide d'un courant d'air comprimé parfaitement réglé et envoyant cet aérosol à vitesse constante dans un brûleur à acétylène. Son appareil comprend comme pièce essentielle, un pulvérisateur. Les modèles proposés par la suite (2) (3) sont des variantes du pulvérisateur Lundegarth, dans certains les buses d'air et de liquide aspiré sont à angle droit, dans d'autres elles sont concentriques. Les buses peuvent être constituées par des aiguilles hypodermiques (4). La réalisation la plus originale est celle qui consiste à utiliser une chambre de pulvérisation chaude de sorte que le brouillard se trouve desséché et que l'aérosol de gouttelettes est devenu un aérosol de particules solides. L'absence de ruissellement, de risque de barbottage, le fait que la totalité du produit pulvérisé passe dans la flamme semblent donner à ce dispositif un intérêt particulier. (Fig. 1.)



Quelques types de pulvérisateurs

Fig. 1

Cependant un aérosol de vésicules liquides, bien préparé, donne également de bons résultats. De toutes façons des vannes précises et un manomètre sont nécessaires pour contrôler la pression et le débit de l'air.

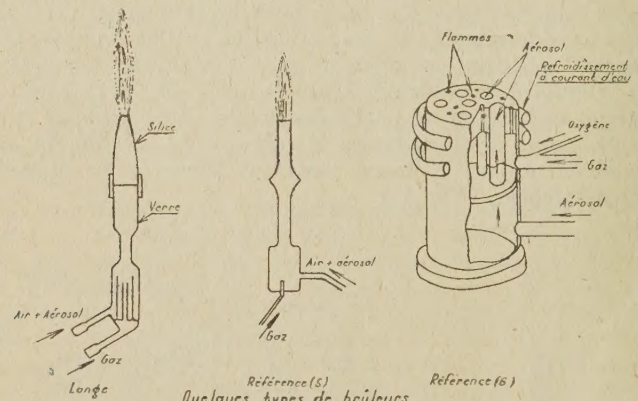
L'air est le plus souvent fourni par des tubes d'air comprimé. Cependant certains appareils fonctionnent de façon satisfaisante à l'aide de petits compresseurs spéciaux qui suppriment la sujétion du tube.

L'oxygène est quelquefois utilisé pour obtenir des flammes plus chaudes.

Signalons que des auteurs ont formé des aérosols d'huile dissoute dans des mélanges à parties égales d'alcool isopropylique et de benzène (14).

Le brûleur est semblable à un bec de gaz Bunsen, ou parfois plus voisin du Méker, ou encore une combinaison des deux (7). Les combustibles suivants sont utilisés, gaz d'éclairage, butane, propane, acétylène, rarement hydrogène. Une flamme peu chaude limite l'excitation aux éléments légers ce qui est un avantage pour le dosage des alcalins ou alcalino-terreux, les métaux plus lourds n'ayant dans ces conditions qu'une émission négligeable.

Les brûleurs sont fréquemment en verre avec une buse de silice, ou en alliages inaltérables. Le combustible arrive souvent par une buse centrale et l'air par un espace annulaire. Dans certains appareils le combustible sort par une série de tubes régulièrement disposés. (Fig. 2.)



Quelques types de brûleurs

Fig 2

Un manupilateur habile peut arriver à construire un brûleur convenable. Il lui faut beaucoup de patience pour déterminer les diamètres des tubes et les pressions de travail pour obtenir une

bonne pulvérisation. D'autre part la vitesse du mélange combustible doit être suffisante pour empêcher les « retours » de la flamme et une explosion possible.

Dispositif optique. — L'émission étant obtenue il faut maintenant comparer ou mesurer son intensité.

Etant donné que plusieurs métaux peuvent être présents et donner leur émission propre, qu'il peut y avoir également des bandes d'émission moléculaires (que l'on peut parfois utiliser), il est nécessaire d'isoler une raie ou un groupe de raies du métal à doser dont l'énergie sera seule captée.

Les spectroscopistes venus à la Photométrie de flamme emploient des spectrographes à enregistrement photographique. Etant donné les qualités optiques de ces appareils, les résultats sont excellents. L'appareillage est malheureusement très coûteux et réservé aux laboratoires de physique.

Les photomètres à flamme à usage analytique comprennent souvent des monochromateurs simple parfaitement adaptés à leur usage.

L'appareillage le plus simple est constitué par des « écrans d'interférence » que l'on trouve depuis peu dans le commerce. Ces écrans sont très sélectifs. Ils sont supérieurs aux écrans colorés dans la masse qui sont en général insuffisants. Il faut naturellement se procurer autant d'écrans que de métaux à doser. Leur prix est relativement peu élevé et l'on peut s'équiper progressivement. Leur inconvénient est de ne pas permettre l'exploration continue du spectre. Lorsque les besoins de l'analyste sont limités, comme c'est souvent le cas, c'est là un inconvénient mineur.

Cellules photoélectriques. — L'énergie lumineuse ainsi isolée peut agir sur une plaque photographique ainsi que l'a fait initialement Lundegarth, ou mieux, pour les analystes, sur une cellule photo-électrique.

De simples cellules à couche d'arrêt peuvent être utilisées. Elles actionnent un milliampèremètre, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un amplificateur le plus souvent stabilisé. Des cellules à métaux alcalins sont également utilisées. Elles sont alors accompagnées d'un montage électrique approprié destiné à fournir la tension et assurer l'amplification.

Les anciennes cellules à couche d'arrêt, possédant une bonne sensibilité pour le jaune, convenaient parfaitement pour le sodium. Au contraire, elles se montraient inutilisables pour le potassium. Cette propriété a d'ailleurs été exploitée par Wildebrands (5). L'auteur ne s'intéressant qu'au sodium et au potassium, les dose simultanément en utilisant à la fois une cellule à couche d'arrêt sensible au sodium et insensible au potassium et une cellule au césium avec écran rouge pour le potassium.

Il existe actuellement des appareils à cellule à couche d'arrêt dont la sensibilité spectrale est suffisante pour couvrir utilement tout le visible, permettant en particulier le dosage du sodium et du potassium avec l'aide d'écrans d'interférence.

Etudes critiques. — La plupart des mémoires décrivent des expériences relatives aux divers facteurs susceptibles d'agir sur l'exactitude des résultats : pression du combustible et du comburant, influence des métaux présents, des acides, des matières organiques telles que les protéines. Un grand nombre des documents sont caractéristiques des appareils utilisés, cellules, sélectivité, nature de la flamme. Ils intéressent tout possesseur du même apparail qui a certainement intérêt à les consulter. Les observations faites ne sont pas transposables d'un appareil à un autre. C'est ainsi qu'une sélectivité médiocre peut entraîner le chevauchement d'émissions de métaux différents, qu'un appareil moins sensible qu'un autre sera gêné par des matières protéiques alors qu'avec cet autre on pourra diluer à une valeur telle que les protéines seront négligeables, etc.

Plus intéressants sont les articles relatifs à l'influence d'un métal présent dans la solution sur l'excitation du métal à doser. C'est ainsi que West, Folse et Montgomery observant à nouveau ce fait connu en spectrographie (8), remarquent que l'un des trois métaux, Ca, K et Na augmente l'excitation des deux autres. Le tableau suivant qui reproduit partiellement quelques résultats met ce fait en évidence.

Ion Na^+	Sodium			Potassium			Calcium		
P.P.M.	P.P.M.			P.P.M.			P.P.M.		
	10	50	100	10	50	100	10	50	100
10	«	«	«	13	51	100	12	50	100
50	«	«	«	15	57	105	14	54	103
100	«	«	«	17	59	107	14	56	106
500	«	«	«	23	66	115	20	59	110

P. P. M. (partie par million)

Pour éliminer cette cause d'erreur les auteurs proposent d'opérer, comme cela a déjà été fait en spectrographie (9), en présence de « tampons de radiations ». C'est ainsi par exemple qu'avant de comparer deux solutions renfermant des quantités faibles mais très différentes de potassium et de sodium dans lesquelles en veut doser le calcium, on mettra des quantités relativement massives de potassium et de sodium de sorte que les deux solutions contenant alors sensiblement les mêmes quantités de potassium et de sodium, les perturbations sur le calcium seront les mêmes dans les deux solutions. Par cet artifice il devient possible de comparer sans erreur notable des solutions inconnues aux solution étalons. Les tableaux donnés montrent que le résultat cherché est obtenu.

Etalonnages. — Afin de traduire en concentration les indications données par l'appareil, il est nécessaire de l'étalonner à l'aide de solutions connues. Deux méthodes sont utilisées, l'une directe avec les appareils comportant une seule cellule, l'autre indirecte avec étalon interne si l'on dispose d'un appareil à deux cellules.

Dans la *méthode directe ou absolue* qui suppose constants, tous facteurs tels que, pressions, nébulisation, dont nous avons parlé précédemment, on établit une courbe concentration/déviations avec des solutions étalons ayant des titres de l'ordre de grandeur de ceux des solutions inconnues. On introduit ensuite la solution inconnue, lit la déviation que l'on reporte sur la courbe.

Cette courbe peut servir, si toutes les conditions opératoires sont identiques, pour des série différentes de mesures. Avec la plupart des appareils il suffit, par la suite, d'utiliser une seule liqueur étalon de vérification et, par le jeu d'un réglage, d'amener l'aiguille à la valeur correspondant à l'étalonnage primitif. Toute la courbe est alors en place. On peut également se contenter, si le décalage de l'étalon de vérification par rapport à la valeur initiale n'est pas trop grand (quelques pour cent) de noter la différence de lecture donnée par la solution inconnue avec l'étalon de vérification et de repporter cette différence sur la courbe.

Il est à conseiller, chaque mesure ne demandant que quelques secondes, d'encadrer la solution inconnue avec des solutions étalons voisines. On refait ainsi pratiquement la courbe d'étalonnage. Le temps passé est négligeable et la sécurité est accrue.

Les promoteurs, en photométrie de flamme, de la *méthode de l'étalon interne* insistent sur la difficulté de stabilisation de la flamme et du nébulisat (10). Cependant certains appareils soit de laboratoire, soit commerciaux sont suffisamment stables. Le principal avantage résulterait (10) (11) dans une diminution notable, par compensation, des erreurs dues aux ions étrangers ou à la différence de viscosité des solutions. Le principe de cette méthode est le suivant. Dans la solution inconnue et dans les solutions étalons on introduit la même teneur en lithium. On compare les intensités des radiations émises par le lithium et l'élément inconnu. Le lithium a été choisi parce qu'il se comporte, vis-à-vis des facteurs perturbateurs, sensiblement comme les autres alcalins si souvent étudiés. Dans la pratique il est nécessaire de posséder un appareil à deux cellules. L'une reçoit l'émission du lithium, l'autre celle du métal à doser, sodium ou potassium, à travers des systèmes sélectifs appropriés. Un montage potentiométrique convenable donne, par simple lecture, le rapport des deux intensités. La quantité de lithium étant la même dans toutes les solutions étalons, de sodium par exemple, il est possible de construire la courbe d'étalonnage potentiomètre/concentration Na.

Cette méthode présente effectivement des avantages. Les facteurs perturbateurs ne modifient en effet que très peu le rapport des intensités lithium/métal à doser. Remarquons cependant que certains appareils à une seule cellule donnent, convenablement utilisés, de bons résultats avec la méthode « absolue ».

Rappelons que la constitution des solutions étalons doit être aussi voisine que possible de celle des solutions à titrer, laquelle doit être connue au préalable, dans certains cas tout au moins. Des études préliminaires doivent être faites avec chaque appareil utilisé, l'importance des facteurs perturbateurs variant, comme nous l'avons dit, d'un type d'appareil à un autre.

Si l'on a l'avantage de posséder un appareil très sensible, on a intérêt, dans la méthode « directe » comme dans l'autre, à diluer beaucoup afin de rendre négligeable l'action de substances étrangères (sérum, urine). Certains appareils permettent de travailler vers 100 mg par litre, d'autres au-dessous de 10 mg de potassium par litre. Avec ces solutions très diluées, surtout la dernière, le vaporisateur et le brûleur ne s'encrassent pas.

Applications. — Utilisée à l'origine pour le dosage des métaux alcalins, la photométrie de flamme semble encore à l'heure actuelle trouver le plus grand nombre d'applications dans la détermination du potassium et du sodium. Ces deux éléments, ainsi que leurs voisins, causaient beaucoup de soucis aux analystes. Les méthodes de dosages étaient certainement parmi les plus délicates et les plus longues qui soient. Par suite d'une ironie curieuse, ces métaux alcalins deviennent maintenant les éléments les plus faciles à évaluer puisque quelques secondes suffisent pour obtenir le résultat.

La photométrie de flamme a été utilisée dans l'analyse des ciments et bétons (12) pour Na et K, des sols et des produits végétaux, de l'eau (8). L'extension la plus grande paraît être, pour autant qu'on puisse l'affirmer, étant donné que le nombre d'appareils s'accroît rapidement — de même que celui des recherches — dans le domaine de la *biologie* pour le dosage du calcium, du sodium et du potassium. On peut suivre, pour ainsi dire instantanément, la teneur en potassium du sérum sanguin. Dans ce dernier cas quelques précautions sont nécessaires. Il faut naturellement éviter une hémolyse du sang. Wildebrands conseille de centrifuger et diluer le sérum peu avant le dosage de façon à éviter une précipitation inopportune de protéines (5). Le même auteur étudie comparativement la déprotéination par diverses méthodes, hydroxyde, ferrique, acide trichloracétique, calcination ou simple dilution. La dilution, si elle est suffisante, donne de bons résultats (25 fois pour K, 100 fois pour Na).

Le tableau donne quelques résultats obtenus par cet auteur pour le sodium et le potassium. Il donne une idée des erreurs expérimentales.

SERUM SANGUIN. (Résultats en m. équiv/l.)

Na					K			
N° d'ordre	Total	Ajouté	Trouvé	Voie chim.	N° d'ordre	Total	Ajouté	Trouvé
1	143	0		145	1	4,65		
	218,5	75	75,5			4,65		
2	137	0		138,5		14,55	10	9,9
	197	62,5	60		2	4,4		
3	135			141		4,3		
4	137			139		13,95	10	9,6
5	136,5			137	3	3,5		
	«			«		3,65		
	«			«		13,4	10	9,8
	«			«	4	4,95		
9	146	0		152,5		4,95		
	148					14,1	10	9,15
	196	50	49		«	«	«	«
					«	«	«	«
					«	«	«	«
					7	5,6		
						10,6	5	5,0
						14,95	10	9,35

Wildebrands donne les chiffres suivants relatifs à 35 sérums :

Na : 140 ± 2,5 m. équiv./litre

K : 4,35 ± 0.35 »

De telles recherches effectuées avec des méthodes chimiques sont interminables. Par photométrie de flamme elles sont pour ainsi dire instantanées. C'est ainsi que pour le Groupe Hospitalier Necker - Enfants Malades nous effectuons 20 dosages de sérum en 20 à 30 minutes y compris les dilutions nécessaires. L'appareil dont nous disposons (à une seule cellule) possède une sensibilité nous permettant de travailler avec une concentration de 10 mg/litre pour toute l'échelle, ce qui nous permet de diluer 50 fois pour le potassium et 500 fois pour le sodium. Les erreurs dues aux protéines sont alors négligeables.

La figure 3 représente une de nos courbes d'étalonnage du potassium.

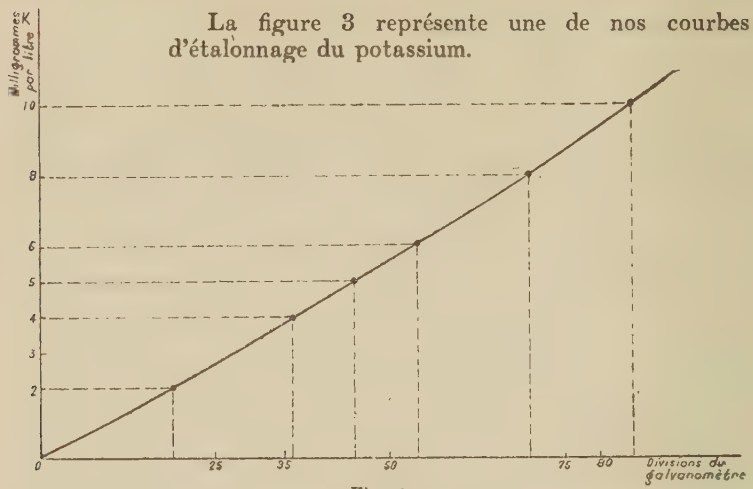


Fig. 3

Comme cela a déjà été signalé par certains auteurs les chiffres que nous avons trouvés pour le potassium sont en général légèrement inférieurs à ceux donnés par le cobaltinitrite. Pour le sodium les valeurs sont sensiblement comparables à celles obtenues par la précipitation en sel de Streng.

Dans le tableau suivant sont rassemblés quelques essais que nous avons effectués au Groupe Hospitalier Necker. - Enfants Malades.

Résultats obtenus par photométrie	Résultats obtenus par la méthode au cobaltinitrite	Différence pour 100
par litre	par litre	
1) 205 mg	209	— 1,95
2) 185	192	— 3,78
3) 245	232	+ 5,30
4) 210	209	+ 0,47
5) 275	283	— 2,90
6) 251	217	— 0,93
7) 205	213	— 3,90
8) 251	222	— 3,25
9) 205	211	— 2,92
10) 210	213	— 1,43
11) 280	273	+ 2,50
12) 175	185	— 5,71
13) 190	187	+ 1,57
14) 295	292	+ 1,02

Les biologistes ont maintenant entre leurs mains un outil incomparable et lorsque l'on connaît l'importance du potassium dans les liquides biologiques, l'engouement du monde médical et analytique pour cette nouvelle méthode s'explique facilement (5) et (13).

La Photométrie de flamme va prendre certainement une importance croissante dans le *contrôle des médicaments*. Cette branche de l'analyse est d'ailleurs appelée à se développer tant sur le plan national que sur le plan international. Cette nouvelle méthode est en train, d'après les premiers essais effectués, de révolutionner le contrôle des médicaments. Alors qu'autrefois l'analyste faisait tous ses efforts pour éviter le dosage des métaux alcalins, il recherche maintenant au contraire les combinaisons salines de ces métaux. C'est ainsi par exemple que le sérum physiologique sera contrôlé, non par dosage de l'ion Cl^- par argentimétrie, mais par le dosage photométrique du sodium. La présence de glucose dans le sérum glucosé ne gêne pas étant donné la dilution que l'on doit faire subir à la solution avant dosage. De même un sirop au sulfogaïacolate de potassium peut être vérifié à partir du potassium, le sucre ne gênant pas à la dilution de travail. L'émétique, le tartrate borico-potassique peuvent être dosés de même. Il est naturellement nécessaire de s'assurer au préalable de l'identité des produits analysés.

Des essais effectués sur des médicaments complexes tels que des suppositoires ont donné d'excellents résultats.

Quelle que soit la nature des produits étudiés, tout laboratoire d'analyse doit posséder un photomètre à flamme. Il ne peut s'en passer sous peine de gaspillage de temps et de produits chimiques. C'est là, certainement, l'une des acquisitions les plus importantes du point de vue pratique, depuis une vingtaine d'années.

Laboratoire National de Contrôle des Médicaments, Groupe Hospitalier Necker - Enfants Malades (Pr. Fabre).

BIBLIOGRAPHIE

(1) H. Lundegarth. Die quantitative Spektranalyse der Elemente, Iena 1929 et 1934.

(2) E. Rauterberg et E. Kippenberg, Angew. Chem. 53, 1940, p. 477.

(3) S. D. Boon, Thèse Amsterdam 1945, Vlam-fotometrie.

(4) P. M. Hald, J. Biol. Chem. 167, 1945, p. 499.

(5) A. F. Wildebrands, Rec. Trav. Chim. Pays-Bas, 69, 1950, p. 799.

(6) P. T. Gilbert, R. C. Hawes, A. O. Beckman, Anal. Chem. 22, 1950, p. 722.

(7) G. T. Scott, Science, N. Y. 106, 1947, p. 551.

(8) Ph. W. West, P. Folse, D. Montgomery, Anal. Chem. 22, 1950, p. 667.

(9) Duffendack O. S., Wiley F. H. and Owens J. S., Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 7, 1935, p. 410.

(10) J. W. Berry, D. J. Chappel and R. Bowling Barnes, Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 18, 1946, p. 19.

(11) T. D. Parks, H. O. Johnson, L. Lykken, Anal. Chem. 20, 1948, p. 822.

(12) P. Schläppfer, H. Preis, S. Fraser, Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn., 10, 1944, p. 227.

(13) P. M. Hald, J. Biol. Chem. 167, 1946, p. 499.
S. Shapiro and H. Hoagland, Am. J. Physiol. 153, 1948, p. 428.
W. Klyne, Biochem, J. 43, 1948, p. XXV.
W. R. Domingo and W. Klyne, Biochem. J. 45, 1949, p. 400.
R. E. Bernstein, Nature (London) 165, 1950, p. 649.
A. R. Robinson, K. Y. Newman, E. J. Schoeb, Anal. Chem. 22, 1950, p. 1026.
S. Natelson, Am. S. Clinical Pathology, 20, 1950, p. 463.

(14) A. L. Conrad and W. C. Johnson, Anal. Chem. 22, 1950, p. 1530.

LES LIVRES REÇUS

BOREL (Emile) : Les nombres inaccessibles (Gauthier-Villars, Paris).

CELERIER (Paul) : Technique de la Navigation (Coll. Que sais-je ? Presses Universitaires, Paris).

COUDERC (Paul) : L'Astrologie (Coll. Que sais-je ? Presses Universitaires, Paris).

CUENOT (Lucien) : L'Evolution biologique (Masson et Cie, Paris), 2.500 fr.

DELABY (H.) : Bases techniques de la Télévision (Eyrolles, Paris), 2.200 fr.

DELBORD (Yvon) : Les normes de la Télévision (Ed. de la Revue d'Optique).

DESTOUCHES-FEVRIER (Paulette) : La Structure des Théories physiques (Presses Universitaires, Paris), 1.400 fr.

DUBOURDIEU (J.) : Théorie mathématique des Assurances. 1° livre : risque des assurances de répartition (Gauthier-Villars, Paris), 3.500 fr.

DUBRISAY (Jacques) : Volume globulaire total et protéines totales circulantes.

EMSCHWILLER (Guy) : Chimie physique. Tome II : Equilibres en solution, phénomènes de surface, tome III : Cinétique chimique, structure des molécules (Presses Universitaires, Paris), 1.300 et 1.800 fr.

FERMI (Enrico) : Nuclear Physics (Tune University of Chicago Press), 3 dollars.

FONTAINE : Formulaire de Construction mécanique (Ch. Béranger, Liège et Paris), relié : 680 fr.

GUNTHER (L.) : Radiologie théorique et appliquée (Ch. Béranger, Liège et Paris), relié : 1.950 fr.

HOLMSTROM (J.-E.) : Rapport sur les dictionnaires scientifiques et techniques multilingues (UNESCO), **et Bibliographie des dictionnaires scientifiques et techniques multilingues** (UNESCO).

KLEINLOGEL (A.) : Formules pour le calcul des Cadres (Ch. Béranger, Liège et Paris), relié : 3.350 fr.

LA TOISON (M) : Chauffage et séchage par lampes à rayonnement infrarouge (Eyrolles, Paris), 790 fr.

LEGENDRE (Robert) : Fonctions biharmoniques doublement complexes (Publ. Scient. et tech. du Ministère de l'Air), 350 fr.

Nouvelles méthodes de détermination des paléotempératures

par R. SABAN

La Paléoclimatologie, pour essayer de reconstituer les climats anciens, s'appuie sur des études géologiques qualitatives en rapport avec les conditions climatiques actuelles. Pour cela, un des principaux facteurs est la mesure des paléotempératures.

On entend par paléotempérature : la température, qui existait au moment de la mise en place des sédiments ou des roches magmatiques, à l'intérieur de ce même milieu.

Nous n'envisagerons ici qu'une partie du problème : celui des roches sédimentaires fossilifères.

Jusqu'à présent, la détermination des paléotempératures était presque exclusivement basée sur l'écologie des flores et des faunes : étude des pollens ; répartition des faunes marines (Littorines, foraminifères, etc...). Les variations saisonnières étant mises en évidence par la présence d'anneaux concentriques observés sur une section transversale du tronc des arbres fossiles.

Récemment, de nouvelles méthodes sont proposées par Urev-Lowenstam -Mac Créa en Amérique, et Teis - Vinogradov -Dontsova en U. R. S. S. Elles ouvrent un nouvel horizon à ce problème en se basant sur des phénomènes physico-chimiques d'où découlent des résultats mathématiques permettant de donner des températures absolues calculées à 1° C. près.

Nous sommes donc en présence de procédés quantitatifs et non plus qualitatifs. Ces méthodes mettent en évidence les propriétés chimiques et l'abondance de certains isotopes contenus dans les carbonates, les sulfates, les phosphates et même les silicates : C^{13} et O^{18}. Cette variation dans la répartition des isotopes est très faible. Elle est due à la différence d'énergie vibratoire qui existe dans deux substances ayant des propriétés chimiques différentes.

Des mesures effectuées par Urey, d'après des formules mathématiques et confirmées par l'analyse spectrographique, indiquent une légère différence dans le rapport des isotopes de l'O contenu dans l'eau et l'ion CO_3 ; — l'eau et l'ion SO_4 ; — l'eau et l'ion PO_4.

T° C.	CO_3 H_2O	SO_4 H_2O	PO_4 H_2O
0	1,0220	1,0204	1,0104
25	1,0176	1,0157	1,0087
Rapport $\frac{K°}{K^{25}}$	1,004	1,0047	1,0017

Les fréquences de O^{18} sont ainsi connues par rapport à O^{16}.

D'après le tableau précédent, on peut observer qu'il existe une relation entre l'abondance de l'isotope O^{18} des différents composés et la température.

Cette relation peut s'appliquer aux organismes ayant une sécrétion minérale importante tels que les mollusques qui vivent actuellement dans la mer. On peut ainsi établir une échelle empirique de température et d'abondance isotopique de l'O^{18} des coquilles actuelles. L'application de la méthode aux coquilles fossiles servira de thermomètre géologique. Mais les animaux sont rarement fossilisés sous forme de sulfates et les dépôts de phosphates sont difficiles à interpréter. Quant aux silicates, on les rencontre souvent dans les organismes fossiles (Hydrosilicates), mais ils n'ont pas encore été expérimentés. Seuls les carbonates sont abondamment répandus et offrent les plus grandes garanties. Il semble donc que ce soient les carbonates et l'isotope O^{18} qui donnent les meilleurs résultats.

Un point important est le fractionnement des isotopes et la mesure de la composition isotopique du carbonate. Pour cela, deux processus différents sont employés par les écoles américaine et russe, donnant des résultats concordants.

I. — **Méthode américaine :** L'échantillon de CO_3 Ca est chauffé dans un courant de CO_2 libre d'hélium pendant 15 min. à 475° pour détruire les matières organiques. Ensuite, sur 50 mgr. de CO_3 Ca on fait agir 9 cc. d'acide orthophosphorique. Le CO_2 qui se dégage est envoyé dans un thermostat à 25° pendant une demi-heure. Il est ensuite dirigé, après purification, vers le tube du spectrographe de masse servant à la mesure de la composition isotopique.

De cette façon, on peut obtenir des analyses exactes tant pour les coquilles actuelles que fossiles.

Exemple : En employant des coquilles déposées récemment et dont la température est connue, on aboutit après certaines corrections à la formule suivante :

$$t = 11{,}88 - 5{,}91\ \delta$$

t est la température en ° C

δ est la différence °/₀₀ entre le rapport O^{18} et O^{16}

$$\delta = \left(\frac{R}{r} - 1\right) 1.000$$

R est le rapport de l'échantillon ($CO^{16}\ O^{18}$)

r est celui du gaz de référence et correspond à $CO_2 16$.

Avec le CO_2 obtenu avec *Belemnitella americana*, l'approximation de la température est faite à 1° C. près, si le dépôt s'est fait dans une mer de composition isotopique moyenne et de salinité = 34,8 °/₀₀.

Si toutefois la composition isotopique des océans au moment du dépôt est différente, l'approximation devient ± 4,5° C. Ainsi une température de 30° obtenue sans les corrections nécessaires correspond à 25°. Par contre, une température de 10° correspondrait à une température réelle de 15°. Il faut donc baisser de 5° les températures hautes et hausser de 5° les températures basses.

II. — **Méthode russe** : Starocelli a déterminé la composition isotopique de l'O contenu dans CO_2 des coquilles calcaires d'*Unio pictorum* et d'une calcite de l'Oural d'origine magmatique.

Les échantillons sont broyés et décomposés par HCl. Le CO_2 qui se dégage est transformé sous l'action d'H naissant en H_2O en présence d'un catalyseur au Ni chauffé à 300 °. Le rapport H_2/CO_2 est = 4/1.

L'eau synthétique obtenue est condensée dans un barboteur à glace et acétone.

Une eau témoin est obtenue par synthèse d'H naissant avec de l'O de l'électrolyse de l'eau.

Après purification de l'eau à doser dans un filtre à permanganate, on mesure sa densité par le procédé de flottaison d'un cristal de quartz.

En calculant la composition isotopique de l'O de CO_2 contenu dans des calcaires de différents âges géologiques, il apparaît que l'O de ces calcaires est plus lourd que celui de l'eau de 7 à 8 γ.

L'âge des calcaires n'influence donc pas la composition isotopique.

D'autre part, la composition isotopique de l'O de CO_2 diffère, d'après Vinogradov et Dontsova, de celle de l'O de l'eau et de l'air. Notamment l'O de CO_2 est de 11,5 γ plus lourd que l'O de l'eau pris comme référence.

D'après les travaux exécutés depuis une quinzaine d'années, il résulte que :

1°) Il existe un rapport entre l'abondance d'isotope O^{18} dans les carbonates des coquilles marines et les variations de températures auxquelles elles ont été soumises.

2°) Le pourcentage d'O^{18} croît avec la salinité des eaux et dans le cas des eaux de surface avec la salinité et la température. Il a donc été possible de constituer ainsi des échelles isotopiques de température.

Les calculs effectués avec des coquilles actuelles (Brachiopodes-Patelles-Gastropodes-Bivalves) recueillies dans des conditions de vie normale, en eau froide, tempérée et chaude, et dont les températures sont connues, ont permis de déterminer leur température avec une erreur relative de $\pm$ 1° C.

De là, il n'y avait qu'un pas à faire pour appliquer la méthode aux coquilles fossiles.

Toutefois, un certain nombre de précautions sont à prendre pour avoir le maximum d'exactitude dans les mesures :

1°) Nécessité d'avoir un spectrographe de masse de haute sensibilité.

2°) Le rapport isotopique doit être conservé au cours des géologiques.

3°) La composition isotopique des océans doit être constante au cours des temps.

4°) Impossibilité de l'emploi de squelettes d'animaux vivant dans l'air.

5°) La température des animaux étudiés doit être en rapport avec le milieu ambiant.

Il est nécessaire d'avoir un spectrographe de masse de grande précision et de haute sensibilité, car le coefficient de température obtenu par le rapport d'O^{18} contenu dans CO_3 à celui de l'eau de mer est très faible. En effet, il est nécessaire de mesurer la température à 1° C., ce qui correspond à un changement du poids atomique de l'O du $CO_3 = 7 \times 10^{-7}$, soit 7γ.

La composition isotopique des coquilles en équilibre avec l'eau dans laquelle elles se sont déposées semble s'être conservée pendant les temps géologiques. Il ne peut y avoir conservation de la concentration isotopique lorsque, par exemple, l'aragonite s'est transformée en calcite (diagenèse), mais, par contre, s'il y a eu recristallisation sans possibilité d'échange avec le milieu ambiant, le rapport est conservé.

Ceci nous amène au phénomène de diffusion des ions dans un milieu solide. Il a son importance, car l'eau qui pénètre dans la coquille au cours des temps géologiques, amènerait la composition isotopique de la coquille à être équivalente à celle de l'eau dans laquelle elle est immergée.

Ce problème devient alors complexe et pose des conditions initiales.

1°) La composition isotopique de la surface du cristal est en équilibre avec l'eau environnante et reste ainsi durant tout le processus de diffusion.

2°) La composition initiale du cristal diffère de ce qu'elle serait en équilibre avec l'eau pendant le temps où la coquille s'est formée et cette variation suit les lois de la diffusion à des températures constantes.

On obtient ainsi une relation en fonction du cristal, du temps et d'un coefficient de diffusion. Ce coefficient de diffusion des ions est établi d'après la résistance spécifique du cristal.

Il faut donc employer des coquilles compactes formées par un assemblage de petits cristaux.

Reste à savoir si la composition isotopique des océans est restée constante pendant les périodes géologiques. A haute température, la composition isotopique de toutes les substances chimiques est sensiblement la même. Mais il semble que les roches sédimentaires s'enrichissent en O^{18}, tandis que la concentration des océans diminuerait d'environ 3,8 °/₀₀.

D'autre part, l'O de l'air est plus riche en O^{18} que l'O de l'eau de mer et de l'eau douce d'environ 2 %. Ainsi tous les animaux qui emploient l'O atmosphérique s'enrichissent en O^{18} et, par suite du processus d'oxydation, auraient une composition isotopique du sang de 2 % supérieure à celle des animaux marins. De plus, ces derniers absorbent une nourriture contenant une grande quantité d'eau de composition isotopique analogue à celle de l'eau de mer.

En dernier lieu, les animaux marins maintiennent la température de leur corps au même niveau que celle du milieu ambiant.

Application des paléotempératures aux fossiles :

Parmi toutes les coquilles fossiles analysées il semble que ce soient les belemnites les mieux utilisables par suite de leur structure compacte et bien cristallisée.

Cependant, il faut exclure les dépôts *post-mortem* et évincer les échantillons présentant des phénomènes de diagenèse.

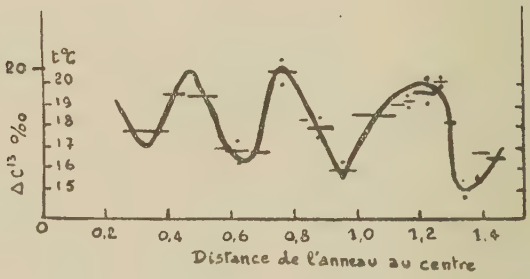
Une coupe transversale faite dans une belemnite de 2,5 cm. de diamètre du Jurassique fait apparaître des anneaux concentriques qui mettent en évidence des effets saisonniers (*fig.* 1).

D'après l'analyse isotopique de O^{18} et C^{13}, faite sur ces différents anneaux, il apparaît que le rapport isotopique est substantiellement conservé pour une durée de 100 millions d'années avec cet échantillon.

La courbe de température varie en fonction de la variation de l'abondance isotopique de C^{13} ou O^{18} calculée sur un rayon en allant du centre à la périphérie de la belemnite étudiée.

Fig. 1
Belemnite
(coupe transversale)

Echelle : 1 cm



.Fig. 2.
Diagramme des températures traversées par la belemnite.

Sur le diagramme (*fig.* 2) on porte en abscisse les distances des anneaux au centre et en ordonnée le pourcentage d'isotope. (sur ce diagramme est portée la variation de C^{13}.)

Les températures résultantes oscillent entre 15° et 20°. Cette belemnite ayant, durant sa vie, traversé 3 étés et 4 hivers après le stade jeune qui est représenté par de fines couches de CO_3 Ca. Sa jeunesse s'est effectuée en eau chaude. Elle est morte l'été à l'âge de 4 ans. Le maximum de variation saisonnière étant 6° et la température moyenne de 17°,6 C.

Le Dr C. Stubblefield, du British Museum, a fourni des fossiles à Lowenstam qui a obtenu ainsi des résultats satisfaisants avec des huîtres, des brachiopides et des belemnites du Crétacé supérieur de Grande-Bretagne.

J. Trœlser, de Copenhague, a fourni du matériel qui a permis d'appliquer la méthode sur *Belemnitella mucronata* du Maestrichien inférieur et supérieur du Danemark.

Compte tenu de la gangue crayeuse qui entourait ces échantillons, la composition isotopique de C^{13} et O^{18} reste dans les limites prévues et donne pour les exemplaires danois une température de 12° à 14° et pour ceux de Grande-Bretagne 14° à 23°.

Les températures du Crétacé supérieur d'Amérique du Nord, calculées à l'aide d'*Exogyra costata*, de crinoïdes, d'échinodermes, de *Terebratulina floridana* et *Belemnitella americana* oscillent entre 11° et 18°.

Les températures ainsi calculées permettent de donner des renseignements paléoclimatologiques en accord avec les méthodes qualitatives. Ainsi Hennig, d'après l'écologie des Coccolithes actuels, considère que les espèces correspondantes du Danien du Danemark vivaient entre 8° et 18°.

D'autre part, des calculs ont été effectués d'après la formule empirique de Forbes en fonction de la latitude d'un lieu :

$T\varphi = 10{,}8 + 32{,}9 \cos. 5/4\,\delta + 21{,}2\,n \cos 2\,\delta$

T = température moyenne sur la latitude

n = pourcentage de terre sur la latitude

φ = latitude du lieu

par Herr et Kerner sur une carte paléogéographique du Jurassique.

Ils ont ainsi obtenu une température moyenne pour l'hémisphère nord de 17° et pour l'hémisphère sud de 18,4° C.

Ces recherches toutes récentes demandent, pour être vérifiées, de nombreuses applications confirmant la rigueur des lois énoncées.

Ces mesures sont donc en rapport avec les chiffres précédents et mettent en évidence un climat tempéré.

La méthode russe de détermination des paléotempératures a surtout été appliquée aux roches sédimentaires non fossilifères et aux formations hydrothermales et magmatiques.

R. SABAN.

BIBLIOGRAPHIE

Epstein (S.), Buchsbaum (R.), Lowenstam (H.), Urey (H.-C.). — Carbonate water isotopic temperature. *Bull. Geol. Soc. Am.* 1951 (62), n° 4, pp. 417-426.

Lowenstam (H.-A.). — Paleobiologic implication of the measurement of paleotemperatures. *Bull. Geol. Soc. Am.* abstract, 1948 (LIX), p. 1337.

Mac Crea (J.-M.). — On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *J. Chem. Phys.*, 1950 (XVIII), n° 6, p. 849.

Schwarzbach (M.). — Das Klima der Vorzeit. Einführung in die Paläoklimatologie. Stuttgart, 1950.

Teis (R.-V.). — La composition isotopique de l'O des carbonates et ses variations de température. *C. R. Ac. Sc. U.R.S.S.*, 1950 (72), n° 1, pp. 73-76.

Urey (H.-C.), Lowenstam (H.-A.), Epstein (S.), Mac Kinney (C.). — Measurement of paleotemperatures and temperatures of the upper Cretaceous of England, Denmark and the Southeastern United States. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1951 62), n° 4, pp. 399-416.

Urey (H.-C.). Mac Crea (J.), Epstein (S.), Mac Kinney (C.). — Method for measurement of paleotemperatures. *Bull. Geol. Soc. Am.* abstract, 1949 (59), pp. 1359-1360.

Urey (H.-C.). — Paleotemperatures of the upper Cretaceous. *Science*, N.-Y., 1950 (111), n° 2887, pp. 462-463.

Vinogradov (A.-D.), Dontsova (E.-I.). — Composition isotopique de l'O de certains minéraux. *C. R. Ac. Sc. U.R.S.S.*, 1947 (56), n° 4, p. 391.

L'ŒUVRE GÉOLOGIQUE DE LEIBNIZ

par Catherine PÉCAUT

Bibliothécaire au Muséum d'Histoire Naturelle

Le nom de Leibniz évoque l'idée d'un esprit universel. Philosophe, théologien, mathématicien, jurisconsulte, historien, il fut même géologue à ses heures. Il est intéressant de souligner la part qui lui revient dans l'édification de la science géologique.

Sans entrer dans les détails de sa biographie, il faut en retracer les grandes lignes pour rappeler comment il fut amené à s'occuper des Sciences de la Terre et comprendre quelles influences ont pu intervenir dans son jugement.

Gottfried-Wilhelm Leibniz naquit en 1646 à Leipzig, quatre ans avant la mort de Descartes, et mourut en 1716 à soixante-dix ans. Très jeune il se familiarisa avec la philosophie et la théologie scolastiques. Puis, à l'Université, il fit connaissance avec les modernes : Bacon, Descartes. Envoyé, porteur d'une mission diplomatique, à Paris, il y demeura quatre ans (1672-1676), en contact avec les philosophies et savants les plus éminents. Il se pénètra de la pensée de Descartes et fut longtemps tenté par les principes de la « Méthode ». Nous retrouverons dans la Protogée l'influence du « mécanisme » de Descartes et du Père Mersenne, cette philosophie qui abandonne la méthode d'autorité et affirme que tout dans la Nature doit s'expliquer mécaniquement et non par l'intermédiaire de forces occultes. Mais l'empreinte scolastique demeura chez Leibniz : pour lui « les sources du mécanisme sont dans la métaphysique ». D'autre part, l'axiome cartésien du doute méthodique lui semblait dangereux : il est difficile de tout démolir pour reconstruire à soi seul, « la plupart des systèmes sont vrais dans ce qu'ils affirment et faux dans ce qu'ils nient ». Nous le verrons mettre ces principes en pratique dans ses considérations sur la géologie.

Au cours d'un séjour de deux mois à Londres (1673), il fit la connaissance de savants anglais. Il rencontra notamment le cosmogoniste Thomas Burnet ; ils restèrent en relations épistolaires.

Puis il accepta les fonctions de bibliothécaire à Hanovre, à la cour du duc de Brunswick-Lunebourg. Il prit sa charge en 1676. Sa prodigieuse activité continua à se déployer. Il persuada l'électeur de Brandebourg, futur Frédéric I^{er}, roi de Prusse, de créer une « Société des Sciences » à Berlin. Sur le modèle de la « Royal

Society of London » et de l' « Académie des Sciences » de Paris, elle est constituée le 11 juillet 1700. Elle deviendra « Académie des Sciences » en 1744.

Leibniz contribua pour une large part à la fondation des « Acta eruditorum » : la première livraison en paraît à Leipzig en 1682. C'est, notons-le, le début des périodiques ; toutefois, le « Journal des Sçavans » en France, les « Philosophical Transactions » en Angleterre, paraissaient déjà depuis 1665.

Citons ici une des œuvres fondamentales du philosophe : les « Nouveaux essais sur l'entendement humain », réponse aux « Essais » de Locke. Ecrits en français, composés dès 1703, ils ne furent publiés qu'en 1765. Nous nous y référerons souvent au cours de ce travail.

LA PROTOGÉE

C'est par un détour curieux que Leibniz fut conduit à la géologie. Chargé par le duc d'écrire l'histoire de la maison de Brunswick-Lüneburg, durant trois ans il parcourut l'Allemagne et l'Italie afin de réunir les documents ; il connut là Sténon. Quelle ne fut pas son ambition : il voulut être complet ; pour mieux comprendre l'histoire du duché, il prétendit la situer dans l'histoire du globe même ! « Une notion, même légère, des grandes choses a son prix. Aussi, pour remonter à l'origine la plus reculée de notre Etat, nous dirons quelque chose de la configuration première de la terre, de la nature du sol et de ce qu'il contient » (1). N'est-ce pas là un état d'esprit bien caractéristique de son époque ?

Conçues sur un plan si vaste, les « Annales Brunsvicienses » ne furent jamais terminées. Seul le « Préambule » en fut achevé : il constitue l'œuvre maîtresse de la géologie de Leibniz. Publié à Gœttingen en 1749, cette même année où paraissait la « Théorie de la Terre » de Buffon (2), par les soins du savant Louis Scheidt, trente-trois ans après la mort de son auteur, il porte le titre de « *Protogée* ».

Le texte original est en latin. Scheidt en donnait une traduction allemande dès 1749. Il existe une autre version allemande, établie par Tellkampf et publiée en 1847. C'est à Bertrand de Saint-Germain qu'on en doit l'unique traduction en français (1859). L'édition de Louis Dutens des œuvres complètes du philosophe contient la Protogée (1768). Il n'en existe aucune autre édition.

L'édition originale de la Protogée se présente sous forme d'un in-quarto peu épais, de quatre-vingt-six pages, suivies de dix planches gravées au burin.

(1) Leibniz, *Protogée*, p. 1.
(2) Buffon, *Théorie de la terre*. Paris, Impr. royale, 1749.

Leibniz n'a-t-il rien publié de son vivant sur la géologie ? Si, et ses contemporains ont pu avoir connaissance de ses idées sur le sujet.

Il est en effet intéressant de mentionner l'existence d'une esquisse de la Protogée dans les « *Acta eruditorum* » de janvier 1693. C'est une courte note n'atteignant pas même deux pages ; elle a pour titre : « Protogea autore G. G. L. » Les principes essentiels de l'auteur sur la formation de la terre s'y trouvent déjà formulés.

Signalons encore dans l' « *Histoire de l'Académie royale des sciences* », à Paris (1) de 1706 une communication de M. Leibniz (sic) parue sous la rubrique : « Diverses observations de physique générale. » L'auteur y décrit des empreintes de poissons et de plantes dans les ardoises d'Eisleben. Il explique leur fossilisation et émet l'hypothèse d'une immersion totale de la terre dans le passé. Le rapporteur de sa note conclut, plein de réserve : « toute cette matière mériterait une plus ample discussion » (2).

A l'aide de ces documents, on essaiera ici d'anaylser l'œuvre géologique du philosophe allemand, de dégager au fur et à mesure ce qu'elle apportait de nouveau et ce qu'elle conservait des erreurs traditionnelles. On étudiera successivement les théories de l'auteur sur l'origine de la terre, sur le Déluge et sur la formation du relief. On examinera son interprétation des fossiles et comment il concevait la notion d'espèce et le principe de continuité.

I. — Origine et formation de la terre

Leibniz, comme Descartes (3), affirme l'*origine ignée* de notre planète ; la terre serait un astre refroidi, un globe lumineux, qui, après ébullition, a été recouvert par les « scories de la matière écumante » (4). « Par l'accumulation et la condensation de la matière à la surface, la chaleur a été concentrée et la croûte s'est affermie » (5). Il reprend aussi au philosophe français le principe de l'existence de « *foyers ardents* » au centre de la terre. Comme lui encore, il comprend que ceux-ci n'ont pas joué leur rôle à l'origine seulement, mais aussi dans la suite des transformations qui ont eu lieu sur le globe.

Cette notion d'*état primitif liquide sous l'action de la chaleur* s'oppose à celle d'état liquide aqueux énoncée par Bernard Palissy : « toutes espèces de pierre, métaux et minéraux sont formées de

(1) Leibniz était membre associé de l'Académie Royale des Sciences.
(2) Hist. de l'Acad. R. des Sciences. 1706 (Impr. 1707), p. 9.
(3) Descartes. *Principia philosophiae*, 1644.
(4) Leibniz. *Protogée*, trad. par M. de Saint-Germain, p. 4.
(5) *ibidem*.

matières liquides en leur première essence » (1). Thomas Burnet qui, peu d'années avant Leibniz, supposait que la terre avait été d'abord une masse fluide formée par un chaos en suspension (2). Déjà Platon imaginait un feu central : le « Tartare ». Bernard Palissy même parlait d'une « lente chaleur qui se trouve soubs la terre » (3), mais sans croire à son action à l'origine. Descartes, lui, affirmait son rôle.

Le premier, Leibniz étaye cette théorie sur des bases solides : à l'appui il remarque l'abondance des « *matières vitreuses* », base des montagnes et des couches profondes de l'écorce terrestre : « le verre est en quelque sorte la base de la terre » (4). Or, dit-il, de même que, dans nos fourneaux à très haute température, se forment des scories de nature vitreuse, ces roches « vitrifiées » proviendraient de la « puissante action du feu de la nature sur la matière encore tendre » (5).

Voulons-nous d'autres preuves ? Leibniz en cite : l'existence des tremblements de terre, les manifestations volcaniques, la température des eaux thermales (6).

Nous remarquons là un souci, que n'avaient eu qu'exceptionnellement ses prédécesseurs, de ne pas lancer une hypothèse dans le vague, mais de la justifier par des faits précis.

Toutefois, cette théorie rencontra encore de l'opposition. Buffon connaissait la « Protogea » des Acta Eruditorum de 1693, et il écrivit dans sa « Théorie de la terre » : « Le fameux Leibniz donna... un projet de système bien différent... La terre, selon Bourguet et tous les autres, doit finir par le feu ; selon Leibnitz, elle a commencé par là... Assurer, comme l'assure Whinston, que la terre a été comète (7), ou prétendre avec Leibniz qu'elle a été soleil, c'est dire des choses également possibles ou impossibles, et auxquelles il seroit superflu d'appliquer les règles des probabilités » (8). Buffon fait montre ici de beaucoup de défiance à l'égard du philosophe allemand. Il reprendra pourtant ses vues sur l'origine ignée du globe et sur l'existence d'un feu central.

(1) Bernard Palissy. *Discours admirables.* Paris, 1580.
(2) T. Burnet. *Telluris theoria sacra.* London, 1681.
(3) Palissy. *Des Pierres.*
(4) *Protogée,* p. 6.
(5) *Ibidem.*
(6) *Protogée,* XIX, p. 50.
(7) William Whiston. *A New theory of the earth.* London, 1708.
(8) Buffon. *Théorie de la terre,* 1749.

II. — Formation de la surface du globe
La doctrine des causes actuelles chez Leibniz

Comment le globe liquide et bouillant primitif a-t-il pris son aspect actuel ?

La terre n'est pas restée telle que Dieu l'a créée : elle a subi de *multiples transformations*. Leibniz distingue deux périodes : il suppose d'abord un premier état traversé par de vastes révolutions, « des bouleversements d'un aspect formidable » (1) ; « la face de la terre, peu consistante encore, a été ainsi souvent renouvelée jusqu'à ce que les causes perturbatrices ayant été épuisées et équilibrées, un état plus stable se soit enfin produit » (2). Puis est venue une période où les incessantes modifications continuaient à se faire sentir, mais étaient d'une envergure moindre : « après la consolidation du globe », la terre a été modifiée par des « embrasements secondaires », des « déluges partiels », des tremblements de terre, le mouvement des mers et la sédimentation, l'apparition et la disparition de montagnes volcaniques.

Leibniz oppose l'intervention de « *causes générales* » : ce sont celles qui ont produit le « squelette même » de la terre (3), et de « *causes particulières* » d'effet plus faible. Que faut-il rapporter aux unes et aux autres, la « postérité » le décidera ! (4).

Déjà ici plusieurs points importants apparaissent, qu'il convient de dégager.

I. — Cette notion de *changements incessants* du globe est, pour cette époque, relativement hardie. Il faut se rappeler que la pensée du siècle de Louis XIV est encore sous le joug de l'Eglise. La théologie continue à peser sur les concepts scientifiques ; il faut être en accord avec les doctrines bibliques prises à la lettre. Ceux qui émettent des idées qui ne cadrent pas avec la cosmogonie de la Genèse, risquent encore une condamnation. C'est là un « *obstacle* » au progrès de la science. On croyait communément que les bouleversements n'avaient duré que pendant les quarante jours du Déluge. Buffon écrit encore : « la terre était donc avant le Déluge telle à peu près qu'elle est aujourd'hui » (5).

II. — D'autre part, cette conception de transformations continues de la terre, sous l'action des mêmes phénomènes que ceux que nous observons de nos jours, annonce la doctrine des « *causes actuelles* », telle qu'elle sera développée plus tard par Hutton (6), puis surtout par Constant Prévost (7) et Charles Lyell (8), au

(1) *Protogée*, p. 111.
(2) *ibidem*, p. 9.
(3) *ibidem*, p. 9.
(4) *ibidem*, p. 12.
(5) Buffon. *Théorie de la terre*, p. 200.
(6) Hutton. *Theory of the earth*. Edimbourg. 1795.
(7) C. Prévost. Dans : *Bulletin de la société philomatique*, juin 1825.
(8) C. Lyell. *Principes of geology*. London, 1830-1833.

début du XIX^e^ siècle. Leibniz s'oppose à ceux qui croyaient à l'existence de brusques catastrophes au début des temps géologiques seulement.

Il est intéressant de noter que cette manière de voir cadre avec le principe de continuité, base de toute sa philosophie. Nous y reviendrons plus loin.

III. — Une notion capitale se rencontre encore dans ce passage : l'auteur y reconnaît l'action simultanée de deux agents, *le feu et l'eau,* au cours des temps géologiques. C'est là un principe nouveau : jusque là, jamais les deux théories génératrices n'avaient été associées. Certains, nous l'avons dit, rapportaient tout à l'action de l'eau, les autres à celle du feu. Palissy écrivait : « le commencement et origine de toute chose est eau ». Contemporains de Leibniz, Burnet et Woodward (1) donnent, eux aussi, une place presque exclusive au rôle de la mer et des eaux douces. Descartes tombe dans l'excès inverse, lui, pour qui seules importent les manifestations d'origine ignée. Le premier, Leibniz montre « leur action successive puis combinée ». C'était poser les principes de la géologie moderne.

Ses successeurs ne le suivirent pas d'emblée dans cette voie : dans la première édition de la « Théorie de la terre », Buffon affirme encore : « le mouvement général du flux et du reflux a donc produit les plus grandes montagnes, mais il faut attribuer aux mouvements particuliers des courants, des vents et des autres agitations irrégulières de la mer l'origine de toutes les autres montagnes ». Quelques années plus tard, cependant, il reconnaît son erreur et accorde « que les montagnes n'ont pas été composées par les eaux, mais produites par le feu primitif... L'eau n'a travaillé qu'en second » (2).

A la fin du XVIII^e^ siècle, le problème est de nouveau posé, aigu : c'est la querelle entre les partisans de Hutton, « plutoniens », et ceux de Werner, « neptunistes » (3).

III. — Le Déluge

Leibniz insiste sur le principe d'*un Déluge universel.* « Tout, au commencement, a été la proie du feu », puis « tout a été submergé par les eaux ». Reprenant les textes de Sténon, il explique : la chaleur originelle du globe a chassé l'humidité dans l'air ; plus

(1) Woodward. *Essai d'histoire naturelle de la terre.* 1695.
(2) Buffon. *Théorie de la terre,* p. 41.
(3) Hutton. *Theory of the earth.* 1795.
Werner. *Elements of geognesy.* 1808.

tard, lorsque la température s'est abaissée, les vapeurs ont été condensées et précipitées sous forme de pluies. La science actuelle n'en sait guère plus ; mais l'on suppose maintenant qu'il y a eu des déluges, et non un seul.

L'auteur de la Protogée continue : l'eau diluvienne a retenu les « sels fixes », il en « est résulté une sorte de lessive qui bientôt a formé la mer » (1). Mais les pluies n'ont pu être une source d'eau suffisante pour recouvrir la terre jusqu'aux sommets des plus hautes montagnes, « à moins que l'air ne fût alors beaucoup plus humide qu'il ne l'est aujourd'hui », supposition à laquelle ne s'arrête pas Leibniz (2). Il lui faut donc recourir à un artifice pour l'expliquer ; il adopte l'hypothèse malheureuse de Descartes, reprise par Sténon : lors du refroidissement, « la croûte du globe..., comme cela arrive... pour des corps qui deviennent plus poreux par la fusion » (3), s'est creusée de « bulles énormes », vastes cavités renfermant de l'air ou de l'eau. Lors du Déluge, « la voûte de la terre s'étant rompue là où elle offrait le moins de résistance, des masses énormes se sont abîmées dans les profondeurs mêmes où l'eau avait déjà été reçue, et ces eaux, violemment chassées de leurs retraites, se sont élevées au-dessus des monts » (4).

N'est-ce pas là la version même de la Genèse : « Toutes les sources du grand abîme jaillirent, et les écluses des cieux s'ouvrirent. Les eaux grossirent si prodigieusement que toutes les hautes montagnes... furent couvertes. » Quoi de plus tentant au XVII^e^ siècle qu'une explication « scientifique » exactement en accord avec les textes sacrés ? L'on comprend ainsi que Leibniz, pas plus que ses contemporains, pas plus que beaucoup de ses successeurs, n'ait cherché à discuter de la vraisemblance de cette légende.

Le philosophe allemand conçoit de la même façon le retrait des eaux et l'émersion des montagnes : « l'eau a été reçue dans des cavernes profondes et à pénétré dans l'intérieur du globe » (5). Buffon reprendra ces vues. C'est encore la survivance des cosmogonies fantaisistes et utopiques.

IV. — De la formation du relief

La fluidité première du globe implique l'existence d'une surface primitivement régulière. « L'aspérité des montagnes est survenue postérieurement » (6), mais de quelle manière ? Leibniz hésite, propose au cours de son ouvrage plusieurs explications différentes, parfois contradictoires. Examinons-les rapidement.

(1) *Protogée*, p. 8.
(2) *ibidem*, p. 16.
(3) *ibidem*, p. 9.
(4) *ibidem*, p. 17.
(5) *ibidem*, p. 15.
(6) *ibidem*, p. 11.

1° — Relief, *conséquence du refroidissement, de l'érosion et de la sédimentation* (1). Au cours du refroidissement, par suite de « la diversité de la matière et de la distribution de la chaleur, les masses se sont inégalement raffermies, et ont éclaté çà et là, de sorte que certaines portions, en s'affaissant, ont formé le creux des vallons, tandis que d'autres, plus solides, sont restées debout, comme des colonnes, et ont par cela même constitué des montagnes » (2).

« A ces causes il faut joindre l'action des eaux qui, par leur poids, tendaient à se creuser un lit dans un sol encore mou...» (3) et des phénomènes de sédimentation : « la matière » s'est déposée dans les eaux, formant « différentes sortes de terrains... et des rochers dont les couches diverses et superposées les unes aux autres annoncent divers ordres de précipitations *accomplies en des temps différents* » (4).

Leibniz poursuit avec une intuition remarquable : « ce qui doit nous faire comprendre dès à présent la *double origine des corps solides*, d'abord par leur refroidissement après la fusion ignée, et puis par de nouvelles agrégations après leur solution dans les eaux. Car il ne faut pas croire que les pierres proviennent toutes de la fusion ; c'est surtout pour les premières masses et la base de la terre que j'admets ce mode de formation... » (5).

Ainsi que l'a souligné Bertrand de Saint-Germain dans l'Introduction à la Protogée (6), « il n'était pas possible d'établir plus nettement la distinction des deux grandes catégories de roches que l'on observe partout ». C'est là, sans conteste, une des remarques qui donnent à Leibniz le droit au titre de « géologue ». Pour Buffon comme pour Werner, toutes les roches sont d'origine sédimentaire ; il faut attendre Hutton pour que l'importance des roches « plutoniques » soit soulignée.

Comme le savant danois Nicolas Sténon (7), Leibniz admet le *dépôt horizontal des sédiments* : « il est présumable que, sur ces premières ruines, a eu lieu la formation de strates horizontales ». L'inclinaison des couches est, selon lui, postérieure au dépôt ; elle est due à l'action « de la force supérieure qui a ébranlé les fondements de la terre ». Remarquons que Buffon, en 1749, écrit : les sédiments « formèrent une première couche horizontale ou inclinée, suivant la position de la surface du terrain ».

---

(1) *Protogée*, p. 9.
(2) C'est la même théorie que celle énoncée par Burnet.
(3) *Protogée*, p. 9.
(4) *ibidem*, p. 10.
(5) *ibidem*, p. 10.
(6) *ibidem*, chap. XXXIV.
(7) Steno (Nicolas). *De Solido inter solidum naturaliter contento.* Florence, 1669.

2° — Rôle des *phénomènes plutoniens*. Leibniz voit dans le volcanisme et les séismes des agents de la formation du relief (1). Il s'appuie en particulier sur de brusques apparitions et disparitions d'îles volcaniques observées au large des côtes italiennes (2).

3° — Mais ailleurs (3), l'auteur revient en partie sur les idées précédentes : une grande part des inégalités de la surface du globe serait due à l'action des vents qui auraient « labouré en sens divers » la planète encore liquide. Nous retombons là dans un domaine de fantaisie, l'imagination spéculative du philosophe apparaît !

Malgré ses tendances actualistes, Leibniz suppose les montagnes déjà formées au moment du Déluge (4) ; il n'entrevoit pas l'existence de phénomènes de plissements ; il écrit : « ...il me semble moins probable que de vastes chaînes de montagnes se soient élevées par éruption de la terre déjà solidifiée » (5). Il n'est pas « naturel » de supposer que, « par une incroyable violence, une si énorme masse de terre se soit élevée si haut ». Buffon n'en dira pas davantage ; dans un supplément à sa Théorie de la terre, il écrira, en effet : « ces montagnes... sont aussi anciennes que le temps de la consolidation du globe... »

Il faut attendre le XIX^e^ *siècle* pour que soient lancées les grandes hypothèses modernes.

V. — « Gisement des métaux dans la terre : description et explication des filons métalliques »

Tel est le titre du chapitre VIII de la Protogée. Leibniz y décrit en détail des gisements et des filons métallifères qu'il a observés lui-même. Aussi en donne-t-il un aperçu correct. Mais lors de l'interprétation des faits, il se montre encore imprégné de certains préjugés de son temps ; il garde le souci de comparer sur un même plan les trois règnes de la nature, et une tendance à prêter vie aux minéraux. Il bute sur ce que G. Bachelard appelle : « l'*obstacle animiste* » (6).

Ainsi le philosophe allemand écrit : « en effet, les veines ou filons se terminent d'ordinaire sur leurs faces latérales par des fibres qui se répandent jusque dans les commissures les plus étroites de la pierre, de même que chez les animaux et les plantes les gros vaisseaux se terminent en vaisseaux capillaires et finissent par s'évanouir en filaments imperceptibles » (7). Il ajoute : « Les métal-

(1) *Protogée*, chap. V.
(2) *ibidem*, p. 58.
(3) *ibidem*, chap. XXII.
(4) *ibidem*, p. 17.
(5) *ibidem*, p. 60.
(6) G. Bachelard. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, 1938.
(7) *Protogée*, p. 24.

lurgistes voient communément dans les filons des troncs et des rameaux, comme si leur développement était dû à une sorte de végétation » (1).

Se laissera-t-il entraîner par son imagination jusqu'à attribuer aux minéraux, comme beaucoup de ses contemporains, le pouvoir de se nourrir, de se perfectionner, de mourir, voire de se reproduire ? Non, malgré ses erreurs, il s'efforce de se rapprocher des réalités : « la génération des minéraux est éclairée par la chimie... » (2). « La nature, en effet, n'est pas autre chose qu'un art en plus grand » (3).

Remarquons toutefois ici ce souci de comparer les phénomènes naturels aux phénomènes expérimentaux, arme à double tranchant, peut-être, chez Leibniz, en effet, c'est d'une part l'annonce de la méthode vraiment scientifique en géologie, donc un progrès ; mais d'autre part, c'est le risque dangereux (il s'en défend pourtant) d'être exposé à juxtaposer trop étroitement ces deux sortes de faits : « ...dans nos faibles essais, nous ébauchons ce que la nature a exécuté en grand, elle qui a pour alambics les montagnes, et pour fourneaux les volcans » (4).

Revenons à la question des métaux. Quelle est leur origine ? L'auteur admet « qu'il y ait des puits et des galeries où le minerai ...se reproduise à la longue, de manière à obstruer les issues ». Mais il affirme : « ...en cet endroit les eaux charrient des parcelles de métal mêlées à d'autres matières, déposent leur sédiment, et n'engendrent ni le cuivre, ni le plomb, mais l'apportent... » (5).

Il se débarrasse donc aussi de la vieille idée de la formation des métaux *ex nihilo*.

Ainsi peut-on suivre la genèse des conceptions modernes, encore enrobées par une gangue d'idées *à priori* dont elles émergent petit à petit.

VI. — Des fossiles

Si pendant longtemps, de nombreux auteurs ont prétendu que la nature « imite, comme en se jouant des dents et des ossements d'animaux, des coquilles et des serpents » (6), et ont cru que les fossiles étaient « d'étranges dispositions prises par les pierres sous l'influence de certaines constellations », dès l'Antiquité cependant des philosophes ont admis l'origine biologique des fossiles. Au xvi[e] siècle déjà, Léonard de Vinci et Bernard Palissy firent à ce sujet œuvre de précurseurs en s'appuyant sur l'observation de la nature.

(1) *Protogée*, p. 26.
(2) *ibidem*, p. 27.
(3) *ibidem*, p. 28.
(4) *ibidem*, p. 33.
(5) *ibidem*, p. 29.
(6) *ibidem*, p. 47.

Mais leur point de vue était parfois encore sujet à controverse à la fin du XVII[e] siècle. N'est-ce pas en 1690 que Martin Lister assimile les fossiles à des minéraux ? Et Voltaire, en 1768, écrit en parlant des « coquilles » : parmi ces « débris », « de véritables corps marins, c'est ce que vous ne voyez jamais » (1). Ce fut là l'origine d'une célèbre querelle entre lui et Buffon. Les fossiles étaient encore, au siècle de l'Encyclopédie, à la base de nombreuses légendes et superstitions (2). L'interprétation des empreintes des vertébrés aquatiques, en particulier, était sujette à discussion.

Quelle est l'attitude de Leibniz ? Il ne laisse place à aucun doute et affirme catégoriquement la vraie nature des fossiles. Comment, en effet, supposer la nature capable d'imitations « si précises qu'elles permettent l'identification de l'espèce ? » (3). « Il ne s'agit point de toute cette géométrie de la nature inanimée » (4).

Joignant l'observation à la théorie, l'auteur décrit avec soin toute une série de fossiles, animaux et végétaux (5), vertébrés et invertébrés. Il accompagne même son texte de figures.

Mais une fois les fossiles assimilés à des vestiges d'êtres vivants, quelles conséquences en tirer ? Les opinions divergeaient beaucoup à l'époque : certains, les plus nombreux, imputaient leur présence à une cause unique, le Déluge. D'autres y voyaient en plus la trace de transgressions et régressions marines. Pour les uns ils avaient été apportés par les eaux depuis des mers lointaines (on expliquait ainsi la présence d'espèces inconnues), pour les autres ils avaient vécu sur place.

Leibniz, certes, admet leur origine en grande partie diluvienne, cependant un scrupule l'arrête lorsqu'il considère les espèces franchement marines : il accorde que se sont parfois « les traces que la mer la laissées au milieu des terres » (6). Il constate, en effet, la réalité d'un certain déplacement des mers : Basse-Allemagne, Picardie, Vénétie... ont été immergées quelquefois, même encore dans les temps historiques (7). Mais, à vrai dire, il reste hésitant et c'est tout autrement qu'il interprète les gisements fossilifères trouvés loin des côtes actuelles, en montagne : il fait intervenir alors l'ensevelissement d'un grand lac à la suite d'un tremblement de terre ou d'une inondation (8). Ailleurs il explique la présence de restes marins par la proximité de mines de sel gemme ; les eaux se sont chargées de sel en les traversant et ont pu alors abriter des espèces marines (9).

(1) Vortaire. *Les Singularités de la nature.* Basle, 1768. Chap. premier. Voltaire. *Dictionnaire philosophique.* Article « Coquilles ».
(2) *Protogée,* p. 73.
(3) *ibidem,* p. 48.
(4) *ibidem,* chap. XXVIII.
(5) *ibidem,* chap. XLVI-XLVII.
(6) *ibidem,* p. 47.
(7) *ibidem, chap. XLVII, XXXIX-XLI.*
(8) *ibidem,* p. 48.
(9) *ibidem,* chap. XX.

Ainsi il n'ose évoquer des transgressions de très vaste amplitude, et s'il écrit cependant : « Sténon pensait que les lieux les plus élevés avaient été eux-mêmes occupés autrefois par la mer ; et, en effet, nous en trouvons les traces de tous côtés », il n'arrive pas à voir là un phénomène parfaitement indépendant du Déluge (1).

Comment envisage-t-il le *processus de la fossilisation* ? Moins ingénieux peut-être que Vinci ou Palissy, il le compare au travail d'un orfèvre. Il fait lui-même à ce sujet une expérience relatée dans l' « Histoire de l'Académie des sciences » (2) ; il prend « une araignée, ou quelqu'autre animal convenable » qu'il « ensevelit sous de l'argile ». Il expose le matériel à la chaleur d'un four, expulse les cendres de l'araignée par un orifice ménagé à l'avance, et, coulant de l'argent fondu dans l'empreinte, il obtient « la figure de l'animal assez bien représentée ».

Son intuition lui permet de prendre nettement conscience de la notion des « *espèces perdues* ». Déjà Bernard Palissy avait trouvé « plus d'espèces pétrifiées en la terre que non pas des genres modernes qui habitent en la mer océane » (3). Leibniz, à son tour, constate que « les pierres » contiennent parfois « des corps figurés dont on chercherait en vain les analogues dans le monde connu, ou du moins dans les contrées voisines » (4). Pourquoi s'en étonner ? On ne connaît pas « les dernières profondeurs de la mer et ses abîmes souterrains » avec la faune qui y vit. Lors de ses déplacements, la mer aurait pu apporter de très loin des espèces exotiques inconnues en Europe (5). Une dernière hypothèse nous est proposée par Leibniz pour expliquer la présence de ces restes : « n'est-il pas présumable que, dans les grands changements que le globe a subis, un grand nombre de formes animales aient été transformées ? » (6).

Il aborde là un problème capital sur lequel il convient d'insister.

VIII. — La notion d'espèce et le principe de continuité

Il nous reste à étudier un peu en détail la notion d'espèce et le principe de continuité tels qu'ils apparaissent dans l'œuvre de Leibniz. C'est là une question fondamentale, non seulement par son intérêt au point de vue paléontologique, mais aussi par son retentissement sur la pensée tant scientifique que philosophique du siècle de l'Encyclopédie.

Les idées de Leibniz marquent un pas dans l'histoire du transformisme. Où sont-elles exposées ? Eparses tout au cours des écrits

(1) *Protogée*, p. 57.
(2) *Histoire de l'Académie des Sciences*. 1706, p. 10.
(3) Palissy. *Discours admirables*.
(4) *Protogée*, chap. XXVI.
(5) *ibidem*.
(6) *ibidem*.

du philosophe, elles sont surtout rassemblées dans la Protogée (1) et dans les Nouveaux Essais.

La définition de l'espèce telle que nous l'entendons actuellement, juxtapose deux critères : l'un, morphologique, exprime une ressemblance extérieure entre les individus d'une même espèce ; l'autre est d'ordre physiologique : c'est le principe de filiation.

Jusqu'à la fin du XVII[e] siècle, le terme « espèce » est employé en systématique seulement dans sa première acceptation.

Le premier, John Ray (2) y donne une signification phylétique : jamais une espèce ne naît de la semence d'une autre.

Leibniz, le premier, en donne une définition précise : « nous définissons l'espèce par la génération, de sorte que ce semblable, qui vient ou pourrait être venu d'une même origine ou semence serait d'une même espèce » (3).

Déjà il perçoit la relativité de cette notion, pourtant nouvelle : « on ne saurait toujours assigner des bornes fixes des espèces » (4). C'est là le corollaire de sa fameuse « *loi de continuité* », pivot de tous ses raisonnements et qui est toute entière résumée dans ces mots : « *Natura non facit saltus* », « tout va par degrés dans la nature et rien par saut » (5).

Il s'explique : « en commençant depuis nous et allant jusqu'aux choses les plus basses, c'est une descente qui se fait par de fort petits degrés et par une suite continue de choses qui, dans chaque éloignement, diffèrent peu l'une de l'autre... et il y a une si grande proximité entre les animaux et les végétaux que, si vous prenez le plus imparfait de l'un et le plus parfait de l'autre, à peine remarquerez-vous aucune différence considérable entre eux. Ainsi... nous trouvons partout que les espèces sont liées ensemble et ne diffèrent que par degrés presque insensibles... La loi de continuité porte que la nature ne laisse point de vide dans l'ordre qu'elle suit » (5).

Ces conceptions sont très importantes. Le principe de continuité n'implique pas celui d'évolution : « la continuité statique des formes n'entraînait pas leur continuité dynamique » (5). Affirmer que les espèces sont proches les unes des autres, ce n'est pas encore dire qu'elles se sont transformées les unes dans les autres. Pour les « fixistes » les espèces, types invariables, se reproduisent sans changement au cours des temps, de sorte que, si des espèces ont pu être détruites, aucune espèce nouvelle n'a pu, par dérivation, provenir des espèces préexistantes : Leibniz s'oppose-t-il formellement à

(1) *Protogée*, chap. XXVI.
(2) John Ray. *Historia plantarum*. London, 1686-1704.
(3) Leibniz. *Nouveaux Essais*. Flammarion, p. 256.
(4) *ibidem*, p. 268.
(5) *ibidem*, p. 422.
(6) *ibidem*, pp. 253-255.
(7) Le Senne. *Introduction à la phisosophie*, p. 106.

cette manière de voir ? Non, mais il prépare nettement les esprits à concevoir la notion d'évolution. D'ailleurs il semble bien qu'il en ait déjà l'intuition. Ne rencontrons-nous pas dans les « Nouveaux Essais » ce passage : « Peut-être que, dans quelque temps ou dans quelque lieu de l'univers, *les espèces des animaux sont, ou étaient, ou seront plus sujettes à changer qu'elles ne le sont présentement* parmi nous ; et plusieurs animaux qui ont quelque chose du chat, comme le lion, le tigre et le lynx, *pourraient avoir été d'une même race*, et pourront être maintenant comme des sous-divisions nouvelles de l'ancienne espèce des chats. Ainsi je reviens toujours à ce que j'ai dit plus d'une fois, que nos déterminations des espèces physiques sont provisionnelles et proportionnelles à nos connaissances » (1).

Lorsqu'il écrit ces mots, l'auteur des Nouveaux Essais dépasse la simple notion d'espèces perdues. Il ouvre la voie à toute une perspective de théories nouvelles. On retrouve incontestablement la trace de cette pensée chez ceux des philosophes français du XVIII^e^ siècle qui eurent à leur tour le pressentiment du transformisme ; c'est ainsi que Diderot cite Leibniz plusieurs fois à ce propos.

C'est surtout chez *Buffon et Bonnet* que se manifeste le plus visiblement cette influence. Ces deux grands savants ont repris les termes mêmes de Leibniz. Buffon écrit dans le « Premier discours » de l' « Histoire naturelle » : « Parcourant... successivement et par ordre les différents objets qui composent l'univers..., on peut descendre par des degrés presque insensibles, de la créature la plus parfaite jusqu'à la matière la plus informe, de l'animal le mieux organisé jusqu'au minéral le plus brut... La nature marche par des gradations inconnues..., de sorte qu'il se trouve un grand nombre d'espèces moyennes... » (2).

Nous retrouvons de même la trace du philosophe allemand dans la « Contemplation de la nature » de Charles Bonnet : « entre le degré le plus bas et le degré le plus élevé de la perfection corporelle et spirituelle, il est un nombre presqu'infini de degrés intermédiaires » (3).

La « chaîne universelle des êtres », imaginée par Bonnet, est aussi directement inspirée des doctrines de Leibniz.

CONCLUSION

Après cette analyse des écrits géologiques de Leibniz, on peut se rendre compte que, s'il a largement utilisé les connaissances et les théories de ses prédécesseurs, il a cependant fait œuvre originale.

(1) *Nouveaux Essais*, p. 265.
(2) Buffon. *Histoire naturelle.* Premier discours, p. 15.
(3) Bonnet. *Contemplation de la nature.* Amsterdam, 1764, p. 27.

Son travail contient encore bien des lacunes et des erreurs, nous en avons souligné chemin faisant. Indiquons seulement ici que la notion de « chronologie » n'y apparaît jamais clairement. On y retrouve le reflet de l'époque : l'état d'esprit mondain du XVIII[e] siècle qui poussait les philosophes à s'attaquer aux problèmes scientifiques les plus divers sans les approfondir. On y constate les tendances mécanistes — Leibniz invoque l'intervention de « forces » — freinées par des préjugés théologiques.

Mais grâce à son intuition, à son esprit critique, à son souci d'observation et même d'expérimentation, Leibniz a su rassembler des idées éparses jusqu'alors, rapprocher des notions qui paraissaient encore contradictoires, étayer des hypothèses restées sans fondement.

Ses vues sur l'origine ignée du globe, sur les transformations continuelles de la terre, sur l'action combinée du feu et de l'eau, sa discrimination des roches plutoniques et sédimentaires, son interprétation des fossiles, ses hypothèses sur les espèces perdues et sur la continuité des espèces, sont autant d'acquisitions importantes qui aidèrent ses successeurs à bâtir les théories modernes.

Leibniz a fait un travail de synthèse. En peu de pages, il a apporté aux sciences de la terre une contribution effective dont il est juste de se souvenir.

Catherine PECAUT.

BIBLIOGRAPHIE

LEIBNIZ (Gottfried-Wilhelm). — Summi polyhistoris Godefridi Leibnitii Protogeae sive de prima facie telluris et antiquissimae historiae vestigiis in ipsis naturae monumentis dissertatio ex schedis manuscriptis viri illustris in lucem edita a Christiano Ludovico Scheidio. — Gœttingen, 1749.

— Gottfried-W. Leibnizens Protogea oder Abhandlungen von der ersten Gestalt der Erde und den Spuren der Historie in den Denkmalen der Natur. Aus seinen Papieren herausgegeben von C. L. Scheidt. Aus dem lateinischen ins deutsche übersetzt. Leipzig, 1749.

— Protogée, ou de la formation et des révolutions du globe... Ouvrage traduit pour la première fois avec l'introduction et des notes par le Dr Bertrand de Saint-Germain. Paris, L. Langlois, 1859.

— Protogea, autore G. G. L. In : Acta eruditorum. Leipzig (janvier MDCXCIII, pp. 40-42).

— Histoire de l'Académie royale des Sciences, MDCCVI.

DUTENS (Louis). — Editeur de : Gothefredi Leibnitii... Opera omnia. Genève, de Tournes, 1768, 6 vol. in-4° (II : Protogée).

TELLKAMPF (A.). — Leibniz über die Bildung der Erdoberfläche. (Jahresbericht der höheren Bürgerschule zu Hannover). Hanovre, Culemann, 1847.

LEIBNIZ (Gottfried-Wilhelm). — Nouveaux essais sur l'entendement humain. Paris, Flammarion.

Lieux, époques, espace, temps et classification des sciences

par André CAILLEUX

L'essor scientifique récent, l'apparition de disciplines nouvelles et, plus encore, le développement des idées relatives à l'Univers, à l'espace et au temps posent en termes nouveaux le problème de la classification des sciences.

Les classifications aujourd'hui consacrées par l'usage dérivent, en définitive, de celle qu'a proposée Auguste Comte en 1830 (1). Comte classait à part la science mathématique, la regardant « moins comme une partie constituante de la philosophie naturelle proprement dite, que comme étant la base fondamentale de cette philosophie ». Puis, « par rapport à tous les ordres de phénomènes », il distinguait « deux genres de sciences naturelles : les unes abstraites, générales, ont pour objet la découverte des lois qui régissent les diverses classes de phénomènes, en considérant tous les cas qu'on peut concevoir ; les autres, concrètes, particulières, descriptives, et qu'on désigne sous le nom de sciences naturelles proprement dites, consistent dans l'application de ces lois à l'histoire effective des différents êtres existants. Les premières sont donc fondamentales ». Laissant délibérément de côté les secondes, « sciences secondaires » ou sciences de faits, il distinguait, dans les sciences de lois, celles qui s'appliquent respectivement aux corps bruts et aux corps vivants, d'où finalement cinq sciences : astronomie, physique, chimie, physiologie (science de l'individu), physique sociale (ou sociologie : science de l'espèce). Sa classification est encyclopédie, succession, hiérarchie : « L'étude rationnelle de chaque science fondamentale, exigeant la culture préalable de toutes celles qui la précèdent dans notre hiérarchie encyclopédique, n'a pu faire de progrès réels et prendre son véritable caractère, qu'après un grand développement des sciences antérieures relatives à des phénomènes plus généraux, plus abstraits, moins compliqués, et indépendants des autres ». Et encore : « La première (l'astronomie) considère les phénomènes les plus généraux, les plus simples, les plus abstraits et les plus éloignés de l'humanité ; ils influent sur tous les autres, sans être influencés par eux. Les phénomènes considérés par la dernière (la sociologie) sont, au contraire, les plus particuliers, les plus compliqués, les plus concrets et les plus directement intéressants pour l'homme ; ils dépendent, plus ou moins, de tous les précédents, sans exercer sur eux aucune influence ». De la

sociologie à l'astronomie, la connaissance est de plus en plus précise, de plus en plus avancée ; partie de l'état initial, théologique, elle s'approche de plus en plus de l'état final, positif, presque atteint par la mathématique.

Ainsi, là où régnait auparavant la confusion, Auguste Comte a instauré l'ordre. Les coupures qu'il a le premier soulignées, existant en fait dans la nature, gardent, après cent vingt ans passés, une valeur. L'une d'elles, il est vrai, se définit autrement : depuis les découvertes de Stanley sur le virus de la Mosaïque du tabac, on sait qu'un même être, entre les mains de l'expérimentateur et à sa volonté, peut devenir tour à tour cristal immobile, ou vivant qui se propage et se multiplie ; de l'inerte au vivant, il n'y a pas saut, mais transition ; l'inerte est du moins vivant. Or Comte, en des lignes prophétiques, avait posé le problème, et montré que la coupure garderait néanmoins une valeur pour la classification, « quelque rapprochement qu'on puisse jamais établir solidement entre les deux classes de corps ». Plus généralement, cherchant à « prévenir la dispersion des conceptions humaines », et visant à établir « un seul corps de doctrine homogène », il a marqué avec force, après les anciens, mais avant notre siècle, l'aspiration de l'homme vers l'Unité.

***

Mais l'admiration et la reconnaissance qui lui sont vouées à juste raison n'excluent ni les critiques, ni les amendements. Naguères, Spencer, Huxley, Renouvier et Emile Picard (1 *bis*) ont ouvert la voie. Et puisque Comte lui-même a conçu la philosophie positive, en un sens, comme « un plan général de recherches », peut-être est-il permis d'envisager sa classification à la lumière des tendances récentes de la recherche scientifique.

Or, dans le principe même, s'accusent des divergences fondamentales. Pour Comte, l'état positif est « l'état fixe et définitif » de l'intelligence humaine. « Un cours de philosophie positive ne doit admettre que des doctrines ayant un caractère fixe et nettement déterminé ». La philosophie première est « destinée à servir désormais de base permanente à toutes les spéculations humaines ». Et parlant de la physique abstraite : « toutes les diverses branches principales de celle-ci ont pris leur caractère définitif ». C'était en 1830. En 1950, après Einstein et de Broglie, nous serions moins affirmatifs...

Comte préconisait « l'étude des généralités des sciences fondamentales ». Des articles de Bourdier (11), Broglie (2), Schrödinger (3), Teilhard de Chardin (4), Wegmann (5) et Zeuner (6) illustrent la fécondité de cette voie ; mais en même temps ils nous montrent les généralités non pas fixes, comme le voulait Comte, mais, au contraire, essentiellement changeantes. Et peut-être, en dernière analyse, sont-elles la tendance, le changement même.

Pour Comte, la science s'accroît par addition ; pour nous, en outre, par renouvellement. Pour lui, elle remplit peu à peu un cadre défini. Mais sous nos yeux, le cadre a éclaté. Comte se limite : « Quant à définir ce que sont en elles-mêmes cette attraction (universelle) et cette pesanteur, ce sont des questions que nous regardons tous comme insolubles. » Comme non résolues, dirait-on en 1950. Comte ajoute : « Aucun esprit juste ne cherche aujourd'hui à aller plus loin. » Depuis, les temps ont changé, semble-t-il (1 *bis*).

Entraîné par son goût du général, Comte se réjouit de ce que, « dans les sciences les plus avancées », le mode d'exposition « ne présente presque aucune trace de la filiation effective de leurs détails ». Et ailleurs : « Craignons que l'esprit humain ne finisse par se perdre dans les travaux de détail. » Bien sûr, Comte a raison d'estimer nécessaires les vues générales ; mais où irait-on sans la base de départ solide des travaux particuliers ? « La science ne vaut que par le détail », a dit Bouasse.

Détail et pratique vont de pair. « L'esprit humain », écrit Comte, « doit procéder aux recherches théoriques en faisant complètement abstraction de toute considération pratique ». Les chercheurs de notre siècle ne sont pas tous aussi exclusifs et plusieurs se contentent de bannir la seule utilité immédiate.

Comte pousse fort loin l'amour de la théorie : « Pour se livrer à l'observation, notre esprit a besoin d'une théorie. » Beaucoup de chercheurs, à l'inverse, ont été conduits de l'observation à la théorie. Comte oppose physiologie d'un côté, zoologie et botanique de l'autre, et note à bon droit que ce sont « deux travaux d'un caractère fort distinct que d'étudier, en général, les lois de la vie, ou de déterminer le mode d'existence de chaque corps vivant en particulier ». Mais il ajoute : « Cette seconde étude... est nécessairement fondée sur la première. » Affirmation controuvée, en droit comme en fait. Et encore : « chaque section de la physique concrète suppose la culture préalable de la section correspondante de la physique abstraite ». Pour nous, les deux physiques s'épaulent mutuellement, comme la physiologie et la systématique. Déjà, pour d'autres sciences, Spencer avait formulé semblable remarque.

Fondée sur des principes ainsi contestés, rien d'étonnant que la classification d'Auguste Comte s'avère en partie inadéquate et insuffisante. La hiérarchie est incorrecte. Il est inexact que les phénomènes des corps inorganisés « ne dépendent nullement » de ceux des corps organisés : l'érosion est commandée pour une grande part par la présence ou l'absence de couverture végétale. La physique céleste ne doit pas passer avant la physique terrestre : l'une et l'autre se complètent et s'étayent. La minéralogie n'a pas « évidemment » pour seule « base rationnelle » la chimie, mais aussi la physique.

Faute d'être mentionnées par Comte, devraient être reléguées au rang des sciences secondaires, non seulement la géographie et l'histoire, mais encore la météorologie, l'océanographie, l'hydrologie,

la géodésie, la physique du globe, la géologie, l'ethnologie. La famille des sciences est une famille nombreuse ; elle s'est accrue de cinq à dix rejetons en un siècle. L'édifice bâti autrefois pour elle ne suffit plus à la loger aujourd'hui.

Enfin, même si l'on admettait le principe de la subordination à l'une des sciences fondamentales, on ne saurait à laquelle rattacher les disciplines comme la géologie, qui se fonde à la fois sur la physique, la chimie, la physiologie et même l'astronomie.

⁂

Or les sciences qui rentrent mal dans le cadre de Comte, ou qui y rentrent seulement par l'artifice de la subordination, présentent pour la plupart ce caractère commun d'envisager les phénomènes comme se déroulant dans des lieux déterminés et à des époques déterminées. La géologie, par exemple, étudie l'histoire de la terre, la géographie son aspect actuel. Au contraire, dans leur ensemble, les mathématiques sont indépendantes des lieux et des époques. Non pas qu'elles fassent abstraction de l'espace et du temps : au contraire, elles les impliquent. Mais peu leur importe que le cercle ou le nombre étudiés soient situés à Paris ou à New-York et datés — 5000 ou + 1950. Or ceci importe, au contraire, au premier chef, au géologue, au géographe, à l'historien.

Tableau I. — *Les deux grands groupes de sciences*

	A localisation	*Sans localisation*
Exemples :	Astronomie Géologie Géographie Zoologie etc...	Mathématiques Physique Chimie Physiologie etc...
Considère :	Lieux Epoques	Espace Temps
Étudie :	Faits et comportements	Propriétés et fonctions
Met l'accent sur :	Objets	Grandeurs
Figur. Porte sur :	Etres, choses	Appareils, lignes
Figur. Consiste en :	Témoignage	Invention
Figur. Dérive de :	Nature	Convention
Individualité :	Essentielle	Eventuelle
Objets (ou grandeurs) :	Distincts Limités	Interchangeables Illimités ou non

Plus généralement, on est ainsi conduit à une nouvelle classification des sciences, fondée sur la localisation spatiale et temporelle (*tableau* 1).

Les sciences à localisation envisagent les choses en fonction des lieux et des époques. Parmi elles se rangent tout naturellement l'astronomie, la physique du globe et ses subdivisions, la géologie, la géographie, l'histoire, l'archéologie, la préhistoire, l'ethnologie, et aussi la zoologie et la botanique systématiques.

Les sciences sans localisation, au contraire, font abstraction des lieux et des époques. Exemples : les mathématiques, la physique, la chimie et, dans la mesure où elles sont générales, la biologie, la physiologie, la psychologie, la sociologie.

Les sciences à localisation étudient des faits et des comportements ; les autres, des propriétés et des fonctions.

Les unes considèrent volontiers les objets ; les autres, les grandeurs.

Jusque dans l'illustration des écrits où elles s'expriment, elles diffèrent. Pour les unes, les figures représentent des êtres ou des choses : planètes, animaux, paysages ; pour les autres, des appareils ou des lignes, constructions de la main ou de l'esprit. Pour les unes, la figure est un témoignage ; pour les autres, une invention. D'un côté, elle dérive de la nature ; de l'autre, d'une convention. La perfection du tracé graphique, pour les unes, est nécessité ; pour les autres, simple coquetterie.

L'individualité, essentielle pour les unes, est éventuelle pour les autres : Un arbre est un individu, un autre arbre, même s'il lui ressemble comme un frère, est un autre individu. Mais deux cercles égaux ne sont pas deux individus ; ils sont interchangeables, les arbres ne le sont pas ; ils ne sont distincts que par une vue de notre esprit ; les deux arbres sont distincts, même si nous ne le voyons pas. En physique même, ainsi que l'a souligné Schrödinger (6 *bis*), deux corpuscules ne sont pas deux objets définis comme deux pièces de monnaie, mais plutôt comme deux places libres dans une équipe. Rien ne nous garantit leur identité : nous savons seulement qu'à tel instant telle place est occupée. Les objets d'un même groupe, suivant les disciplines, autrement dit suivant les points de vue, peuvent avoir une individualité, ou n'en pas avoir. Deux chiens sont deux individus distincts pour le systématicien qui, par des mesures biométriques, cherche à définir une race ; pour le physiologiste, dans le dispositif expérimental des circulations croisées, peu importe lequel est A, lequel est B ; on peut prendre l'un pour l'autre. En biométrie, on ne le peut pas.

Alors que l'objet des sciences sans localisation peut être illimité dans l'espace et dans le temps — qu'on pense à une droite, à la suite des nombres entiers, au mouvement uniforme — l'objet des autres sciences est limité en fait : un chien, un astre, l'Univers des astronomes ont des dimensions finies ; le temps écoulé ne dépasse

pas aujourd'hui. D'être limité est un caractère fondamental, entre autres, du vivant, que les philosophes n'ont guère essayé d'expliquer. Mais, dira-t-on, dans les cultures en milieu artificiel, la croissance des tissus est illimitée. Précisément : la culture est expérience de physiologie, objet de science sans localisation. La nature, au contraire, est, directement, objet de science à localisation, à limites.

Un doute pourrait surgir à propos de la zoologie et de la botanique systématiques : les espèces qu'elles décrivent et distinguent, avec tant de perspicacité, ne sont-elles pas, comme les espèces chimiques, indépendantes du lieu et de l'époque ? Il n'en est rien. Lisons les ouvrages : les localités sont citées, et si possible aussi les années ; toute la systématique contemporaine tend justement vers la biogéographie : pour expliquer les formes d'une espèce, on cherche, dans son extension géographique, actuelle et si possible passée, l'une des clés de son histoire. Les vivants tiennent à la terre, et ne s'expliquent pas sans elle. Ainsi une classification, fondée sur les lieux et les époques, contribue-t-elle à mettre en relief l'une des tendances de la recherche contemporaine.

***

Si différents soit-ils, les deux ordres de sciences sont unis par d'étroits liens. Les sciences sans localisation fournissent aux autres leurs modèles, les formes où elles insèreront leur matière. Et inversement, elles en ont reçu l'impulsion initiale et, pour une part, les directions de recherches.

Le biogéographe, par exemple, est tour à tour mathématicien pour dépouiller ses statistiques, physicien ou physiologiste pour expliquer les répartitions des animaux ou des plantes. Et à l'intérieur même du groupe sans localisation, comme l'avait fort bien vu Comte, toutes les sciences tendent à prendre une forme mathématique.

Si elle est un couronnement, l'abstraction mathématique a néanmoins connu un avènement. On sait comment la géométrie est issue des travaux des arpenteurs et des astronomes. Mais, objecterat-on, l'arithmétique ? Arithmétique dit nombre. Et nombre implique l'existence d'individus distincts, qu'ils soient hommes, animaux, cristaux, étoiles, corpuscules ou atomes. L'arithmétique n'aurait eu aucun sens, et même elle ne serait pas née, dans un Univers homogène à toutes les échelles, non corpusculaire.

Plus généralement, l'esprit de l'homme est parti du réel, observé en un temps et en un lieu donné, pour passer à l'évidente abstraction des sciences sans localisation. Ainsi les connaissances à localisation, loin d'être dérivées ou secondaires, précèdent les autres et les conditionnent.

Bien entendu, des transitions existent. Les paléontologistes tantôt retracent l'évolution d'un groupe au cours d'une période, ou

ses migrations sur le globe ; tantôt ils essaient de reconstituer terres, mers et climats à une époque déterminée ; mais tantôt aussi ils cherchent à donner de l'évolution, une explication valable en tout temps et en tout lieu.

Cet abandon de la localisation est une étape, qui s'observe aussi dans d'autres sciences. Mais étape n'implique pas forcément progrès. De nos jours, justement, une tendance inverse s'affirme : le physicien est convié à déchiffrer l'âge et les dimensions de l'Univers ; le biologiste, à situer dans le temps et l'espace l'origine de la vie et son expansion ; le psychologue, à déceler dans la préhistoire les progrès de l'esprit humain. Des sciences de lieux et d'époques, aux sciences sans localisation, il y a passage, mais non pas hiérarchie.

La connaissance de l'Univers n'a pas moins de prix que celle du Nombre.

*
**

L'espace et le temps ayant fourni conjointement la base d'une classification des sciences, on peut, poussant plus avant, s'en servir pour subdiviser. A l'intérieur du groupe des sciences à localisation, l'océanographie, par exemple, trouve les limites de sa définition dans l'espace ; l'histoire, dans le temps ; l'astronomie et la géologie, dans les deux ensemble (voir *tableau* 2, page suivante).

Le contenu des trois subdivisions ainsi reconnues (*tableau* 2) est très inégal ; pléthorique pour l'espace, réduit à l'extrême pour le temps. Une première raison en est claire. Astres, atmosphère, océans, lacs, cavernes, terres : l'espace actuel nous est livré compartimenté, découpé en tranches, qu'un enfant de cinq ans saurait discerner. Mais le temps ? Se laisse-t-il ainsi cloisonner ?

L'historien semble l'admettre, qui sépare des périodes, met en exergue des dates. Peut-être faut-il voir là un essai pour introduire de force dans le temps des discontinuités comme celles qui existent spontanément dans l'espace, et qui en facilitent l'étude scientifique et peut-être même la conditionnent (5). Et de fait, les géologues, qui ne se sont pourtant pas concertés avec les historiens, eux aussi découpent le temps en intervalles. Mais pour les uns, comme pour les autres, les coupures distinguées en un lieu, en un autre s'estompent ou se décalent. Les montagnes des Andes ont surgi, en un temps où le calme régnait en Europe. L'Indien d'Amérique a ignoré la grandeur de Rome. Le paysan de France a labouré sa terre avant comme après la prise de Constantinople. L'évolution de l'Univers, considérée dans son ensemble, a peut-être été essentiellement continue. Et la distinction bergsonienne (7) du temps continu et du temps discontinu est peut-être celle de la réalité de l'Univers et de l'artifice nécessaire à son étude.

Quoi qu'il en soit, la résistance du temps à la recherche tient encore à une autre cause, presque banale. Dans l'espace, le cher-

TABLEAU 2. — *Essai d'une classification des sciences.*

	Mathématiques			*Temps réversible = 4e dimension*
	Inerte	*Vivant*	*Homme*	
Sciences sans localisation	Physique Cristallographie	Sociologie ..... Psychologie .... Physiologie		*Temps*
	Chimie biologique			
	Chimie	Biologie		
Sciences à localisation — A définition spatiale	Météorologie Climatologie Glaciologie Limnologie Océanographie Hydrologie Pédologie Spéléologie Vulcanologie Sismologie Géodésie Géophysique Géomorphologie	Biogéographie	Géographie humaine	*irréversible* *irréductible*
Sciences à localisation — A définition spatiale et temporelle	Astronomie G é o l o g i e	Zoologie Botanique	Démographie Ethnologie Linguistique	*à*
Sciences à localisation — A définition temporelle			Histoire Archéologie Préhistoire	*l'espace*
	Inerte	*Vivant*	*Homme*	

Ce tableau a été composé de bas en haut, suivant l'usage des géologues. A titre d'exemple, on a indiqué en détail les subdivisions de la géophysique et les sciences connexes.

cheur peut se déplacer : il prend le train, le bateau, l'avion ; dans le temps, il se déplace seulement par la pensée. Libre de ses mouvements dans l'espace, il est pris dans le temps comme une mouche dans une toile d'araignée.

L'irréversibilité du temps a été soulignée de longue date (1 *bis*). Dans les sciences à localisation, elle est fondamentale. Dans les sciences sans localisation elle introduit une subdivision classique : une désintégration atomique, un équilibre chimique, une propagation nerveuse, sont encore liés à un temps de sens donné ; mais en mathématiques (*tableau* 2), le sens du temps peut changer, sans que les équations de la mécanique perdent leur valeur : comble de l'abstraction, le temps est devenu un simple paramètre, une quatrième dimension ; il a perdu son essence, il s'est assimilé à l'espace.

Il n'est pas exclu, toutefois, qu'en certains domaines des actuelles mathématiques, un examen ultérieur ne décèle des traces d'irréversibilités. Dès maintenant, on doit en noter un exemple, dans le calcul des probabilités : la probabilité des antécédents, objet du théorème de Bayes.

Un effet a eu lieu ; on sait que plusieurs causes ont pu le produire, ou ne pas le produire, chacune suivant une probabilité connue ; on demande quelle est la probabilité pour que l'effet résulte, effectivement, de telle cause en particulier. Dans les sciences à localisation, tout au moins, ce problème se pose très fréquemment. Or, dans le tryptique : effet, connaissance, cause — si l'ordre de succession dans le temps vient à être inversé en : cause, connaissance, effet — alors tout change, on retombe sur les probabilités directes ; on ne fait plus de la recherche, mais de la prévision. Ainsi, avec l'entrée en scène de la connaissance, le temps est devenu irréversible, même pour le mathématicien. Mais peut-être dira-t-on qu'on a, chemin faisant, déjà pénétré dans le champ de la logique. Quoi qu'il en soit, dans le cas envisagé, la connaissance est liée au temps. En d'autres cas, peut-être en est-elle indépendante ? N'atteignant souvent qu'aux probabilités dans le premier cas, peut-être dans les autres serait-elle mieux adaptée à la conquête des certitudes ?

***

Espace et temps, par rapport auxquels les sciences se sont ordonnées, sont deux des trois unités fondamentales des physiciens. La troisième, masse ou énergie, intervient-elle ? Il serait prématuré d'en juger. Certains croiront deviner l'énergie, discrètement présente, sous le masque de la trilogie « inerte - vivant - homme » qui apporte, dans les sciences non mathématiques, une dernière et tout à fait classique subdivision (*tableau* 2, *colonnes verticales*).

***

La classification d'Auguste Comte mettait à la base la mathématique. Celle qu'on propose ici, tout en donnant à la mathématique

la place d'honneur, envisage néanmoins les choses par l'autre bout. Fondée d'abord sur les lieux et les époques, elle prend racine en pleine nature. Fraîche éclose, elle se sait chétive, et souhaite grandir en force et en sagesse. Aussi espère-t-elle qu'on voudra bien accorder à ses premiers essais un regard indulgent, à l'heure où le philosophe fonde sur la nature sa définition de la science (8) et où le mathématicien lui-même se prend à rêver, à sa façon, de la « nature des choses » (9).

A. CAILLEUX.

OUVRAGES CITÉS

(1) Cours de philosophie positive, 1re et 2e leçons, 1830.

(1 *bis*) Emile Picard. De la Science. in : De la méthode dans les Sciences. *Nouv. Coll. Scientif.*, Alcan, édit., Paris, 1910.

(2) Les physiciens devant le problème de la vie. *Atomes*, nov. 1950, n° 56, pp. 363-388.

(3) What is life ? 92 p., 10 fig., *Cambridge Univ.-Press*, 1948.

(4) La structure génétique du groupe humain. *Ann. de Paléontol.*, t. XXXVII, n° 1, 1951.

(5) Diskontinuität und Kontinuität in der Erdgeschichte. *Geol. Rundschau*, Bd 38, H 2, pp. 125-132, 1950.

(6) Time in evolution. *Smithsonian Report* for 1949, pp. 247-260, Washington. Bibliographie.

(6 *bis*). Schroedinger (E.). Qu'est-ce qu'une particule élémentaire ? *Endeavour*, IX, 35, pp. 109-116, London, novembre 1950.

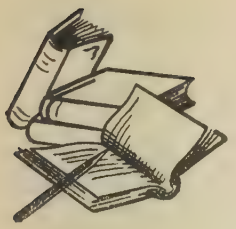
(7) L'évolution créatrice. 403 p., Alcan, Paris.

(8) Le Senne. Introduction à la philosophie. *Coll. Logos*, Presses Universitaires, 3e édition, Paris, 1949.

(9) Bouligand. La nature des choses en mathématiques. *Rev. Gén. des Sc.*, t. LVIII, pp. 131-146, 1951.

(1) Glangeaud (Louis). L'épistémologie des sciences de la Terre et la structure du Réel. *Congrès d'épistém.*, Paris, 1949 (dactylographie).

(11) Bourdier (Fr.). *Bull. Soc. Préhist. Fr.*, XLVI, pp. 25-27 et 91-93, 1949.



LES LIVRES

Ant. APPERT et Ky FAN. — Espaces topologiques intermédiaires. — Act. SC. Hermann, fasc. 1121, 160 p. Paris 1951. Prix : 1.000 fr.

Ce livre était attendu, car il est solidaire de l'œuvre de M. Maurice Fréchet, fondateur de la théorie des **espaces abstraits** sur laquelle il a publié en 1928 un ouvrage aujourd'hui classique. Comme l'indique une courte préface du grand mathématicien, les mémoires originaux contenant un certain nombre de ses démonstrations étaient dispersés : cet inconvénient s'était trouvé réparé par M. Antoine Appert, en les fasc. 145 et 146 de la même collection (1934), où il a détaillé l'étude des espaces V, introduits par M. Fréchet en 1917 et analysé de son propre chef ceux de ces espaces où la fermeture de la fermeture d'un ensemble coïncide avec la fermeture.

Il y avait lieu de parachever de la même manière l'étude des espaces qui, au point de vue de la généralité, suivent immédiatement les précédents, de manière à accéder finalement au **problème de la distanciation.** Tel est l'objet du présent fascicule, auquel les deux auteurs, connus chacun par des travaux importants, ont donné tous leurs soins. Cette nouvelle publication rendra les plus grands services aux nombreux mathématiciens qui utilisent la topologie générale. En outre, en ce qui concerne l'origine de ses notions les plus essentielles, elle apporte aux historiens des références qu'ils ne se procureraient qu'assez péniblement par ailleurs (voir en particulier les pages 19 et 20, les pages 27 et 28).

G. BOULIGAND.

BARILLET (F.). — La Sécurité dans les laboratoires et les fabriques de produits chimiques minéraux. — 1 vol., 24 × 15 cm. de 143 pages. Edit. : Tiré à part de **L'Industrie chimique** et **Le Phosphate** réunis, 8, rue de Miromesnil, Paris, 1950. Sans indication de prix.

Ce fascicule (le cinquième) traite des **Intoxications, Incendies, Explosions par Agents chimiques** (plomb, thallium, mercure, étain, or, manganèse, fer, nickel, cobalt, chrome, platine, iridium, osmium, ruthénium, rhodium, palladium, uranium et leurs composés, métaux radioactifs et rayonnements α, β et γ. En annexe sont étudiés le benzène et ses homologues supérieurs, les produits du pétrole et le tétrachlorure de carbone.

L'ouvrage est écrit par un spécialiste hautement qualifié et sera consulté avec fruit par les nombreux industriels fabricant des produits minéraux. Quelques réserves nous paraissent cependant devoir être faites : 1°) L'auteur ne fait aucune allusion à la loi du 19 décembre 1917, réglementant les établissements classés, c'est-à-dire les établissements dangereux, insalubres ou incommodes. Il aurait pu, en particulier, recommander aux lecteurs la consultation de la brochure officielle éditée par la Préfecture de Police, où sont rassemblés une grande quantité de documents, tant techniques qu'administratifs, intéressant les nombreuses industries étudiées dans le présent fascicule (spécialement celles rangées en troisième classe). 2°) Bon nombre d'explosions et d'incendies sont signalées sans qu'aucune référence bibliographique puisse permettre au lecteur de se reporter au mémoire original pour compléter sa documentation et connaître les conditions exactes dans lesquelles l'accident s'est produit.

E. CATTELAIN.

Georges David BIRKHOFF. — Œuvres mathématiques, en 3 vol. reliés de 754 p., 983 p., 897 p. de 16 × 25, et publiés par la Soc. Amér. de Math. New-York, 1950.

Grâce à une collaboration de MM. D. V. Widder, C. R. Adams, R. E. Langer, Marston Morse et M. H. Stone, les analystes du monde entier vont disposer des richesses mathématiques réunies dans les œuvres de George David Birkhoff qui fut rapidement célèbre en Europe par divers travaux et en particulier par sa démonstration de la proposition de topologie, donnée par Poincaré comme probable, à l'appui de l'existence de solutions périodiques du problème des trois corps, De 1900 à 1944, le géomètre américain a rajeuni et enrichi un grand nombre de théories classiques, en s'attachant toujours à reprendre, du point de vue le plus simple possible, toutes questions à leurs principes. Qu'il s'agisse de théorie des fonctions, d'équations différentielles ou aux différences finies, des systèmes dynamiques, de recherches topologiques, de théories physiques comme celles de la relativité et des quanta, il ne pouvait toucher à un problème sans y apporter la marque de son génie. Aujourd'hui, les simples étudiants en licence, pour la démonstration du théorème de Fuchs relatif aux singularités régulières d'une équation différentielle linéaire, savent reconnaître ce qu'ils doivent à Birkhoff en ce cas d'espèce : d'abord une démonstration plus brève, ensuite le recours à un principe qui fait mieux comprendre la raison profonde de la réussite. C'est pourquoi on peut attendre beaucoup de la belle publication faite ces temps derniers par la Société Américaine.

Birkhoff est mort en pleine force et à l'âge de soixante ans seulement. Le regret de sa disparition prématurée a été partout très profond. Tous les regards convergent avec la plus grande sympathie vers son fils Garrett Birkhoff, algébriste et hydrodynamicien déjà très renommé.

G. BOULIGAND.

CAMP (W. H.), RICKETT (H. W.) et **WEATHERBY (C. A.).** — International Rules of Botanical Nomenclature, formulated by the International Botanical Congresses of Vienne 1905, Brussels 1910, and Cambridge 1930, adopted and revised by the International Congress of Amsterdam 1935. Second edition, **Chronica Botanica Co,** 1948 et **Britonia, 6,** 1947, pp. 1-120. — En vente ($ 3,50) chez les éditeurs : The Chronica Botanica Co, Waltham, Mass., U.S.A., et Libr. H. Le Soudier, Paris.

En vue du Septième Congrès International de Botanique (Stockholm 1950), The Chronica Botanica Co a publié une seconde édition de « Règles internationales de la nomenclature botanique dont **The American Society of Plant Taxonomists** avait, l'an dernier, fait paraître un tirage limité. Le plan adopté est le suivant :

1° Considérations générales et principes directeurs ;

2° Les catégories de groupes taxonomiques et les termes qui les désignent (**species, genus, familia, ordo, classis,** etc...).

3° Noms des groupes taxonomiques : définition des « nomenclatural types », recommandations aux auteurs de noms de groupes nouveaux, importance de la conservation des types, limitation du principe de priorité, conservation des noms, nomenclature des groupes taxonomiques d'après leurs catégories, conditions de publication effective, validité de la publication d'un nom, conseils pour la citation des noms d'auteurs, conservation de noms de groupes qui ont été divisés ou redécrits, transport d'un nom d'une subdivision d'un genre dans un autre genre, choix d'un nom lorsqu'on réunit deux noms de même rang, choix d'un nom quand le rang d'un groupe est changé, rejet de noms, orthographe de noms, genre grammatical des noms génériques.

Ce texte n'est pas officiel, mais les rédacteurs ont pris comme base de travail les textes adoptés dans les précédents congrès de nomenclature ; ils ont apporté notamment, par rapport à la 3e édition de 1935, quelques modifications à l'appendice contenant les noms génériques à conserver ; ils ont

ajouté un index des noms à conserver et à rejeter qui n'existait pas dans les précédentes éditions.

Les Botanistes qui désirent modifier ou augmenter les règles actuelles doivent lire avec beaucoup d'attention les articles 3, 4 et 5. Ces articles recommandent d'établir des règles simples fondées sur des considérations précises, de rejeter tout nom qui pourrait conduire à une erreur ou à une ambiguïté, de considérer la correction grammaticale absolue comme relativement accessoire, de suivre(en l'absence de règle applicable, la coutume établie.

L'appendice I (Règles à suivre pour qu'un nom de type d'espèce ou de genre soit valable) précède les appendices concernant les noms de famille (app. II) et de genres (app. III) à conserver. C'est, de beaucoup, ce dernier qui est le plus important ; les noms à conserver sont indiqués d'après les auteurs qui les ont proposés : **Flagellata,** d'après G. Senn ; **Bacillariophyta,** d'après H. Peragallo ; **Chlorophyceae** et **Phaeophyceae,** d'après A. D. Cotton ; **Rhodophyceae,** d'après G. Tandy ; **Fungi,** d'après R. Maire, J. C. Arthur et C. L. Shear ; **Lichenes,** d'après Al. Zahlbruckner ; **Musci,** d'après H. N. Dixon ; les **Pteridophyta** précèdent les **Phanerogamae (Siphonogamae)** qui, à eux seuls, occupent 47 pages.

Tous les botanistes intéressés par les questions de nomenclature doivent posséder cet ouvrage.

P. et S. JOVET.

CAUSSE (L.) et **GOIX (A.)** — L'industrie du gaz d'éclairage. — 1 vol. 11 × 17 de 192 pages. Edit. Librairie Armand Colin ; Paris, 1950. Prix : 180 fr.

L'ouvrage se propose de faire mieux connaître le comportement thermochimique de la houille. Il montre l'état actuel des techniques à l'aide desquelles l'industrie du gaz contribue efficacement à l'utilisation intégrale de l'énergie houillère.

Suivant les étapes de l'élaboration du gaz d'éclairage, depuis le choix de la matière première jusqu'à la distribution du gaz chez le consommateur, les auteurs exposent les procédés de fabrication et les principes des méthodes utilisées, à la lumière des notions modernes de la chimie et de la physique. Les caractéristiques et la marche de chaque opération sont illustrées par 38 schémas d'appareils.

Ce petit traité complet et clair, n° 262 de la collection « Armand Colin », est accessible à tous. Il rendra service non seulement aux professionnels gaziers en leur donnant une vue d'ensemble de leur industrie, mais encore aux étudiants orientés vers la chimie industrielle et, plus généralement, à tous ceux qui s'intéressent aux grands problèmes de la technique industrielle moderne.

E. CATTELAIN.

A. CHARRUEAU. — Sur des congruences de droites ou de courbes et sur une transformation de contact liée à ces congruences. — Un fasc. du Mémorial des Sc. Math., 72 p. 16 × 25. Gauthier-Villars, Paris, 1950. Prix : 500 fr.

En prolongement de travaux de Guichard, l'auteur introduit ici certains couples de congruences de droites qui font émerger des faits géométriques importants, cela par l'intervention, en cette théorie, d'une transformation de contact remarquable à de nombreux titres. Tous ceux qui sont attirés par les beaux développements de géométrie infinitésimale éprouveront pleine satisfaction à l'étude de ce fascicule.

G. BOULIGAND.

S. DAVAL et **B. GUILLEMAIN.** — Philosophie des Sciences. Classes de Philosophie et de Mathématiques. — Un vol. de 550 p., 14 × 20, avec fig. Presses Univ., Paris, 1950. Prix : 700 fr.

La prédominance des sujets de lecture (textes originaux) que les auteurs se sont appliqués à réunir dans ce livre en élargit nettement l'usage. Si les

candidats à la seconde partie du baccalauréat peuvent s'y instruire au mieux, le livre est susceptible d'intéresser aussi beaucoup de familiers de cette Revue. Les thèmes successifs étudiés dans les différents chapitres sont : la logique, les sciences mathématiques, les sciences physiques, la biologie, les sciences morales, l'histoire, la sociologie et la psychologie. Chacun de ces thèmes est l'occasion d'un voyage où l'on va des auteurs classiques aux plus récents. Trésor que les générations précédentes n'ont pas connu, et qui ne manquera pas de s'amplifier entre les mains de ceux qui en mesureront toute la valeur !

G. BOULIGAND.

DUBUISSON (B.) — **Restitution planimétrique des photographies aériennes. Instruments et méthodes.** — Bulletins des services techniques du Ministère de l'Air, n° 113, 1950, 70 pages.

L'ouvrage, présenté par M. J. Pérès, est un compendium des procédés les plus récents de topographie par photographies aériennes. Le nivellement étant supposé effectué par des opérations à terre, il ne s'agit que de restitution planimétrique, laquelle ne nécessite qu'un matériel relativement simple. La méthode est essentiellement basée sur un enregistrement photographique et gyroscopique de la verticale. L'auteur signale une intéressante application inverse : l'étude des évolutions d'un aéronef ou le contrôle des instruments de bord au-dessus d'un terrain supposé connu.

G. GUILLAUMIN.

Maurice FRÉCHET. — Généralités sur les probabilités ; éléments aléatoires ; tome I, fasc. III, premier livre du Traité d'Emile Borel. 2e éd. Un vol. de 355 p. 16 × 25. Gauthier-Villars, Paris, 1950.

La première édition, parue en 1935, s'est vite épuisée. Dès 1945 le nouveau manuscrit était établi. C'est donc avec satisfaction que les probabilistes et statisticiens, maintenant nombreux, voient renaître ce livre, attendu depuis plusieurs années. La majeure partie du texte initial subsiste. Toutefois, à côté de simplifications dont l'une concerne la preuve de l'inégalité de Camp, ont été introduits, en fonction des travaux parus, de nombreuses additions (probabilités associées à un système d'événements, fonctions caractéristiques, expressions asymptotiques, éléments aléatoires de nature quelconque, valeurs typiques d'ordre > 0, etc...). Des 3 notes complétant l'ouvrage, l'une relative à la distance de deux variables aléatoires et à celle de deux lois de probabilité est due à M. Paul Lévy.

G. BOULIGAND.

GAUMANN (E.) — Die Pilze, Grundzüge ihrer Entwicklungsgeschichte und Morphologie. — Correspondant pour la France : E. Ulman, 16, avenue de Villiers, Paris (17e).

Un volume de 382 pages, 440 figures, Bâle (Birkhaüser), 1949.

Dans cet ouvrage, le professeur E. Gaumann expose les faits principaux relatifs à la morphologie et au développement des champignons. Il les classe en 4 grands groupes : Archimycètes, Phycomycètes, Ascomycètes et Basidiomycètes et, dans les chapitres consacrés à chacun d'eux, à côté des notions classiques, il analyse avec une grande clarté les travaux les plus récents. Dans un court appendice, il présente quelques notions sur les Fungi imperfecti — 440 figures parfaitement dessinées contribuent à augmenter encore la clarté du texte où les faits et les exemples sont particulièrement bien choisis. Une bibliographie fort importante figure à la fin de l'ouvrage. Il s'agit là d'un excellent précis de la systématique moderne des champignons que tout mycologue consultera avec fruit.

R. TRUHAUT.

GLICK (D.) — Techniques of histo and cytochemistry. — Un vol. de 531 pages avec 158 figures. — Interscience publishers, New-York, 1949. — Correspondant pour la France : E. Ulman, 16, avenue de Villiers, Paris (17e).

L'ouvrage de D. Glick constitue un recueil des techniques cyto et histochimiques, dont les progrès au cours des quinze dernières années ont été considérables.

I. — L'auteur étudie d'abord les **techniques microscopiques,** c'est-à-dire celles ayant pour but la localisation in situ dans la cellule même. Après avoir décrit le procédé d'inclusion à la paraffine par congélation-dessiccation, il envisage successivement : a) **les techniques histochimiques** : caractérisation des anions et cations minéraux, des lipides et des caroténoïdes, des glucides, des protides et de divers enzymes ; b) **les techniques histophysiques** : fluoroscopie, histospectrographie d'émission, histospectrographie d'absorption dans le visible et l'ultra-violet, histospectrographie aux rayons X, microincinération, microscopie électronique, autoradiographie.

II. — Glick expose ensuite **les techniques dites chimiques** qui nécessitent une séparation préalable des constituants cellulaires à étudier. Après avoir décrit les appareils utilisés pour ces micro-manipulations, il étudie successivement les méthodes colorimétriques (analyses en tubes capillaires et en cuves d'épaisseur faible), les méthodes titrimétriques, les méthodes gazométriques (volumétriques, manométriques, polarographiques) et les méthodes dilatométriques (cas de la peptidase).

III. — Il décrit enfin, comme type de techniques microbiologiques, le dosage de la riboflavine.

Le dernier chapitre de l'ouvrage est consacré à l'exposé des procédés de séparation mécanique des constituants cellulaires (noyaux mitochondries, chloroplastes, etc..).

Le livre de Glick est très complet, bien que certaines techniques, telles que la coloration au vert de méthyle pyronine pour les acides nucléiques ou la coloration au noir Soudan B pour les lipides ne soient pas mentionnées. On peut également regretter que l'auteur, après l'exposé des techniques, n'ait pas procédé davantage à leur examen critique. Le fait de les avoir rassemblées, alors qu'elles étaient disséminées dans les périodiques les plus divers, rendra cependant les plus grands services à tous ceux — et ils sont nombreux — qui s'intéressent à la biologie cellulaire.

R. TRUHAUT.

Pierre-P. GRASSÉ. — Traité de Zoologie. — Tome X, fasc. I et II. Insectes supérieurs et Hémiptéroïdes. — 2 vol., Masson et Cie, édit., Paris, 1951.

La classe des Insectes constitue de beaucoup le groupe le plus important du Règne Animal, aussi bien par le nombre et la grande dispersion des espèces, que par leurs rapports avec l'homme ; les Insectes comptent parmi nos ennemis les plus redoutables ; certains nous transmettent des maladies graves et très répandues ; d'autres s'attaquent aux plantes cultivées et aux denrées entreposées, faisant chaque année des dégâts considérables. Cela suffit à démontrer la nécessité qu'il y a pour tous à les étudier et à les connaître, pour les combattre efficacement ou pour limiter leurs méfaits. D'un autre point de vue, le comportement de beaucoup d'Insectes, leur mode de reproduction et leur cycle évolutif, l'aptitude de certains d'entre eux à la vie sociale, le polymorphisme et la différenciation morphologique des individus au sein d'une même colonie, sont autant de problèmes qui intéressent le biologiste. Rien ne répondra mieux à ce vaste programme que les trois tomes consacrés aux Insectes, dans le traité de Zoologie de P.-P. Grassé. Nous avons déjà eu l'occasion de dire tout le bien que nous pensions du tome IX (Paléontologie, Géonémie, Insectes inférieurs et Coléoptères) .Aujourd'hui paraît le tome X, qui comprend deux volumineux fascicules (1948 pages) ; ce nouveau venu ne le cède en rien à ses devanciers quant à la richesse de la documentation, l'abondance et la précision des renseignements, le soin apporté à la bibliographie, l'illustration soignée et abondante (1648 figures, 6 planches en

couleurs). La simple énumération des chapitres ne peut donner qu'une faible idée de l'importance de l'ouvrage :

— Super-ordre des **Névroptéroïdes** (L. Berland et P.-P. Grassé).

— Super-ordre des **Mécoptéroïdes** ; ordre des Mécoptères (P.-P. Grassé), ordre des Trichoptères (R. Despax| ; ordre des Lépidoptères (J. Bourgogne) ; ordre des Diptères (E. Seguy) ; ordre des Siphonaptères (E. Seguy).

— Super-ordre des **Hyménoptéroïdes** ; ordre des Hyménoptères (L. Berland et F. Bernard), ordre des Strepsiptères (R. Jeannel).

— Super-ordre des **Psocoptéroïdes** ; ordre des Psocoptères (A. Badonnel), ordre des Malluphages (E. Eeguy), ordre des Anoploures ou Joux (E. Seguy).

— Super-ordre des **Hémiptéroïdes** ; généralités (R. Poisson et P. Pesson), ordre des Homoptères (P. Pesson), ordre des Hétéroptères (R. Poisson).

— Super-ordre des **Thysanoptéroïdes** ; ordre des Thysanoptères (P. Pesson).

Est-il besoin d'ajouter que ces deux excellents volumes remporteront le même succès mérité que leurs prédécesseurs et qu'ils contribuent hautement au renom de la Science et de la Culture française ?

R. CAVIER.

Marcel GUICHARD. — La genèse et la valeur de la connaissance positive. — Un vol. in-8° jésus de 250 p., dans la Bibl. Phil. sc., Flammarion, Paris, 1950. Prix 350 fr.

Exposé attachant, montrant bien le rôle du complexe **pensée-sensation,** qui a conduit la science à l'universalité ; séparant nettement les faits ou lois d'un côté, et de l'autre les hypothèses, théories et explications, dont on peut rapprocher les extrapolations sollicitées dans la science en formation. L'histoire restreint la valeur absolue de chaque théorie, pour en exalter le rôle dans la succession ascendante des idées. Elle révèle aussi le conflit, qui dure encore après deux siècles, entre l'esprit positif et l'esprit dogmatique. Le livre fait entrevoir une civilisation hypothétique sans dogmes ni mysticisme, où imagination et production esthétique seraient remises à leur juste place.

G. BOULIGAND.

David HALLIDAY. — Introductory nuclear physics. — 1 vol., 558 p., 282 fig. John Wiley et Sons inc., New-York, édit., 1950. Prix : 6,50 dollars.

Cet ouvrage, destiné principalement aux étudiants se préparant à la recherche en physique nucléaire, constitue la mise au point actuellement la plus complète sur les méthodes de recherches expérimentales, les résultats acquis et les théories et hypothèses de travail que l'on utilise dans l'étude des phénomènes nucléaires. Il admet chez le lecteur une bonne connaissance préliminaire des éléments de la mécanique ondulatoire et de la physique atomique d'un niveau au moins égal à celui des certificats d'études supérieures spécialisés complétant la licence ès Sciences physiques. De très nombreuses données numériques, courbes, graphiques, et indications bibliographiques portant presque exclusivement sur des travaux ultérieurs à 1945, en font en outre un excellent ouvrage de référence utile pour tous les physiciens.

Les matières exposées ne figurant par pour la plupart dans les divers traités de physique de langue française, nous donnerons de brèves indications sur le contenu des différents chapitres : 1° Concepts nucléaires fondamentaux caractères des corpuscules élémentaires et des noyaux atomiques, classifications et modèles proposés pour les espèces nucléaires, masses, spins, moments magnétiques et moments électriques quadripolaires des noyaux) ; 2° Emissions alpha et gamma (caractères des quatre séries radioactives lourdes, analyse des phénomènes de radioactivité, émission alpha, loi de Geiger-Nuttall, structure fine α, théorie de Gamow, émissions gamma, isomérie nucléaire, émissions γ multipolaires, technique de la spectrométrie γ ; 3° Electrons associés aux processus de désintégration (éléments

de dynamique électronique, technique de la spectrométrie électronique, études de la conversion interne, radioactivité β, théorie de Fermi et diagrammes de Kurie, problèmes posés par la recherche du neutrino, isomérie nucléaire et radioactivité β; 4° Interaction des rayonnements nucléaires chargés et des photons avec la matière (mesure des parcours, relations énergie-parcours, absorption des électrons par la matière, Bremsstrahlung, Absorption des mésons dans les émulsions photographiques, absorption des photons par la matière, effet photoélectrique et effet Compton, production et annihilation des paires, parcours des fragments de fission ; 5° Détection des particules chargées et des photons (chambres de Wilson, électroscopes, chambres d'ionisation, compteurs, multiplicateurs d'électrons, détecteurs à scintillation, émulsions photographiques, détecteurs par rayonnement de Cerenkov, amplificateurs, échelles, circuits à coïncidences et anticoïncidences, éléments de statistique) ; 6° Production, détection et interaction avec la matière des neutrons (sources de neutrons, détecteurs, sélecteurs, diffraction et absorption des neutrons) ; 7° Masses nucléaires ,abondance des espèces abondance naturelle des éléments, spectrométrie de masse de précision) ; 8° Forces nucléaires (énergies de liaison, saturation des forces nucléaires, domaine d'action des forces nucléaires, dépendance du spin et de la charge, propriétés des noyaux miroirs, effets de parité, structure nucléaire en couches suivant la théorie de G. Mayer, formule empirique des masses nucléaires, nucléaires (principe de la spectrométrie de masse, types de spectrométrie, étude de la diffusion de Rutherford, diffusion neutron-proton et diffusion proton-proton, diffusion des neutrons dans l'ortho et le parahydrogène, théories mésiques des forces nucléaires) ; 9° Accélérateurs de particules chargées (appareils du type Van de Graff, accélérateurs linéaires ; cyclotrons, synchrocyclotrons, bétatrons, synchrotrons, bevatrons ; 10° Réactions nucléaires (hypothèse du noyau compound, classification des réactions, balance énergétique, seuils de réaction, courbes d'excitation, niveaux d'énergie nucléaire, résonances nucléaires, théorie de Breit et Wigner, niveaux dans les noyaux légers) ; 11° La Fission nucléaire (étude des processus de fission, propriétés du modèle de la goutte liquide, critères de fissibilité, théorie des réactions en chaînes et des réacteurs ; 12° Rayons cosmiques (technique, classification des phénomènes associés à l'action du rayonnement cosmique, gerbes électroniques, études des phénomènes associés aux divers types de mésons et des étoiles nucléaires, problème du rayonnement cosmique primaire ; 13° Spin nucléaire et magnétisme (magnétisme atomique et moléculaire, effets Zeeman, expériences de Lamb et Retherford, structure hyperfine, spectre moléculaire, spectroscopie des micro-ondes, propriétés des faisceaux atomiques et moléculaires, méthode de Rabi, spectre de radiofréquences de H_2, D_2 et HD, mesures du moment quadrupolaire du deuteron, mesure des moments magnétiques nucléaires, résonance magnétique dans les solides, mesures de G pour le proton, phénomènes d'induction nucléaire, moment magnétique du neutron. — En appendices : 1° une liste des principales constantes physiques ; 2° des compléments résultants de travaux récents (1950).

Signalons que chaque chapitre est complété par une série de problèmes très intéressants pris dans des mémoires récents.

G. PETIAU.

HUGON (P.) — Note sur une représentation rectiligne des hyperboles sphériques. Préface de l'Ingénieur général H. Dyevre. — Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Note technique n° 38, 1-19 p., Paris. 1950.

L'utilisation de la méthode de navigation hyperbolique, qui localise un observateur par différence de phase ou de distance, nécessite l'établissement d'un canevas d'hyperboles sphériques sur la carte de la région considérée. Dans ce fascicule, M. P. Hugon expose une méthode de représentation des hyperboles sphériques par une équation linéaire en coordonnées cartésiennes.

G. PETIAU.

PIERRE JAVET. — La figure de l'Univers (cosmogonies modernes). — 210 p. 12 × 19, avec 4 fig. et 8 pl. hors-texte. — Griffon, Neuchâtel, et Dunod, Paris, 1948. Prix : 790 fr.

Ayant rappelé dans une première partie les données actuelles de l'astronomie stellaire ,spécialement au sujet des galanies, l'auteur aborde le **problème cosmologique,** c'est-à-dire étudie la structure de l'Univers dans son ensemble. C'est en combinant des principes généraux (**principe de relativité** d'Einstein ou bien encore **principe cosmologique** de Milne), avec les informations recueillies dans les observatoires qu'on peut espérer faire une synthèse, englober un tout qui n'a été exploré qu'en partie : en somme, on donne ici libre cours au besoin d'unité de l'esprit, à son désir de découvrir la simplicité parmi la multitude des faits observés. Cela posé, deux voies s'ouvrent, sollicitant chacune un des principes cités. Il y a donc, d'une part, des **cosmogonies relativistes,** dérivant des théories d'Einstein dont l'auteur présente un exposé accessible et aboutissant à la conception de l'**Univers en expansion,** développée par Georges Lemaître, dans un décor où les rayons cosmiques prennent place, et où l'on en vient à concevoir la création de l'Univers comme le résultat de fissions successives produites à partir d'un seul atome (2e partie). D'autre part, une vue cohérente et rationnelle de l'Univers a été donnée par Milne au moyen des considérations cinématiques dominées par son principe cosmologique (3e partie). C'est la première fois qu'un exposé descriptif important est donné, dans notre langue, des conceptions de l'astronome anglais. Comme le dit M. G. Tiercy, en conclusion de sa préface, le petit livre de M. P. Javet se lira avec profit et plaisir ; il expose, sans trop insister sur les difficultés, les images que l'on peut se faire de l'Univers qui s'offre à nos yeux.

G. BOULIGAND.

JEANS (Sir James). — L'évolution des Sciences physiques. Les mathématiques, la physique et la chimie des origines à nos jours. Traduction de R. Sudre. — Un vol. 318 p., 41 fig., Paris, 1950, Payot, édit. Prix : 780 fr.

Dans cet ouvrage, le phyiscien bien connu qu'est Sir James Jeans, nous donne un excellent exposé sur l'origine et l'évolution historique des sciences mathématiques et physique. Très précis et documenté, la lecture en est rendue particulièrement attrayante par de nombreuses anecdotes qui en font l'une des meilleures introductions à l'histoire des sciences.

Après un brei chapitre rappelant les connaissances astronomiques et mathématiques des Babyloniens, Egyptiens et Phéniciens, le chapitre 2 expose le développement des sciences en Grèce ancienne dans les écoles ionienne, pythagoricienne, l'influence des doctrines de Platon, d'Aristote, d'Epicure et des Stoïciens. Le chapitre 3 retrace l'histoire de l'école d'Alexandrie. Le chapitre 4 expose le développement scientifique au moyen âge, en Islam et en Occident et insiste notamment sur l'influnece des universités médiévales et des ordres monastiques dans les progrès de la connaissance scientifique. Le chapitre 5 expose la vie et l'œuvre des fondateurs de la science moderne : Copernic, Tycho-Brahé, Léonard de Vinci, Giordano Bruno, Stevin, Galilée, Tartaglia, Viete, etc... Le chapitre 6 relate l'extraordinaire essor que prirent les sciences au 17e siècle que M. Jeans appelle le siècle du génie : fondations des académies, travaux de Kepler, Descartes, Hooke, Newton, naissance de l'optique moderne, travaux de Boyle, découvertes de la géométrie, du calcul infinitésimal, etc... Le chapitre 7 retrace l'évolution des sciences dans les deux siècles après Newton (1701-1897) : élaboration de la mécanique rationnelle par Euler, Lagrange, Hamilton, Laplace, de l'astronomie moderne par Bradley, Herschel, Leverrier, naissance de l'astrophysique spectroscopique, développements de l'optique par les travaux de Young et de Fresnel, premières investigations sur la structure microscopique de la matière et élaboration de la chimie moderne par Cavendish, Priestley, Lavoisier, Rumford, Proust, Prout, naissance de la thermodynamique dans les travaux de Joule et de Kelvin, apparition des sciences de l'électricité et du magnétisme par les travaux d'Ampère et de Faraday.

Enfin, le chapitre 8 montre l'ère de la physique moderne caractérisée par les deux grandes théories édifiées grâce à la précision croissante des expériences, la théorie de la relativité née des travaux d'Einstein et de Poincaré, la théorie des quanta de Planck et de Bohr qui, avec la mécanique ondulatoire introduite par Louis de Broglie, permet aujourd'hui de comprendre les phénomènes associés à la structure ultime de la matière.

G. PETIAU.

E. KASNER et J. NEWMAN. — Les mathématiques et l'imagination. — Un vol. in-8° de 250 p., avec 179 fig., dans la Bib. sc. Payot, Paris, 1950. Prix : 720 fr.

Livre original par sa tendance à guider de nombreux lecteurs vers les postes avancés des mathématiques, pour révéler un esprit hardi, libre d'entraves, stimulant les facultés de création. Livre aussi très nuancé, dont la traduction difficile a été, dans l'ensemble, menée à bien par M. Le Lionnais et Mlle Beris. Pour juger par quelques exemples du degré d'élévation de cet ouvrage, disons que les auteurs n'ont pas craint d'y mettre le grand public face à la notion de **groupe simple** (applicable à tous les groupes privés de sous-groupes invariants), ou encore face aux paradoxes les plus subtils (tel celui de Hausdorff répartissant, par le recours à l'axiome de choix, la totalité des points d'une sphère en trois ensembles particuliers A, B, C équivalents à une rotation près autour du centre et tels qu'une équivalence de ce genre s'exerce entre A et B + C). Beaucoup d'autres thèmes (transcendant et imaginaire, géométrie à n dimensions, géométrie du caoutchouc, courbes pathologiques...) ne manqueront pas d'attirer les esprits curieux. Le monde de la raison pure est peut-être encore plus étrange, si l'on n'y prend garde, que celui de la fantaisie pure. Et finalement, je pense que, par leur recueil très savoureux, les deux professeurs américains militent au mieux pour engager le lecteur à découvrir les voies épistémologiques vers le retour à la raison, à la bonne santé mathématique.

G. BOULIGAND.

LAPORTE (F.) — Contribution à l'étude de la surface des solides pulvérulents. Préface d'E. Darmois. — Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Note technique n° 39, 38 p., Paris, 1950.

Après une revue des méthodes de mesure de la surface des solides pulvérulents de dimensions inférieures à 50 μ : méthodes statistiques (sédimentation, méthodes optiques, méthodes utilisant les rayons X), méthodes directes (perméabilité, adsorption, variation de l'énergie de surface, polarisation, conductibilité thermique), M. F. Laporte expose une méthode de détermination précise de l'enthalpie d'immersion du système solide pulvérulent non poreux-liquide pur.

G. PETIAU.

A. MAROGER. — Les trois étapes du problème Pythagore-Fermat. La récurrence. L'art des réciproques. — Un vol. 14 × 20 de 98 p., Vuibert, Paris, 1951. Prix : 400 fr.

Exposé riche, où le lecteur, déjà initié à la philosophie des sciences, trouvera l'occasion d'apprécier la profondeur de vues déployée par l'auteur, et mieux encore, de se rapprocher des sources mathématiques elles-mêmes, dans ce qu'elles ont de vivace. L'étudiant qui en est encore à la phase préparatoire ne manquera pas non plus d'être surpris à maints détours : pour ne citer qu'un exemple, un coup d'œil donné à l'étude critique de la projection orthogonale d'un angle droit aura tôt fait de le convaincre qu'il glisse trop vite sur un thème dont il a reconnu l'intérêt et qu'il y trouverait aisément matière à des réflexions susceptibles de l'enrichir. On peut conseiller, de ce texte, n lectures, dont chacune marquera des progrès sur les résultats acquis à la précédente.

G. BOULIGAND.

Paul OSTOYA. — Les Théories de l'Evolution. — Payot, 1951.

M. Paul Ostoya, mycologue renommé, conférencier scientifique, bien connu de tous les auditeurs de la Radio, nous offre aujourd'hui une excellente vue historique des théories transformistes. Son livre, très clair, fortement et consciencieusement documenté, écrit d'un style vivant, imagé et pittoresque, mérite d'être accueilli avec beaucoup de faveur par tous les curieux de la biologie et de l'histoire des sciences, qui, comme il dit fort bien, fait non seulement partie de l'histoire, mais de la science elle-même. Ayant adopté un ordre des matières qui est un « compromis entre l'ordre historique et l'enchaînement logique », il nous fait suivre, depuis les premières lueurs de la science et de la philosophie antiques, le long et sinueux cheminement de l'idée d'évolution. Mais il ne se borne pas à reproduire, en les formulant et les enchaînant un peu différemment, les opinions des historiens qui l'ont précédé : faisant lui-même œuvre critique, il remonte le plus souvent aux sources, il consulte soigneusement les textes originaux et, en bien des cas, il discute avec pertinence les jugements antérieurs, pour les rectifier, les compléter, ou leur ajouter des nuances significatives. Il multiplia les citations, bien choisies et correctement transcrites, ce qui est le seul moyen de donner une image fidèle des conceptions du passé et de permettre au lecteur d'en faire une interprétation personnelle.

C'est à juste titre qu'il met au tout premier rang les précurseurs du transformisme, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, mathématicien et naturaliste-amateur, trop souvent négligé par les historiens, et, qui dans sa **Vénus physique** et surtout dans son **Système de la Nature,** explicita pour la première fois la notion d'une évolution graduelle des êtres vivants et formula le premier système transformiste intégral.

Après Maupertuis, c'est un autre amateur, Diderot, qui, avant Buffon, « souligne éloquemment l'unité de plan de la nature vivante » et annonce Lamarck en affirmant que « la conformation originelle s'altère ou se perfectionne par la nécessité et les fonctions habituelles ». Mais « à Diderot, plus encore qu'à Maupertuis, il a manqué d'être un spécialiste et de se dire écouter comme tel ».

Puis voici les grands naturalistes : Buffon, avec son transformisme limité, et les deux véritables fondateurs du transformisme scientifique, Jean Lamarck et Charles Darwin, dont les œuvres fondamentales (la **Philosophie zoologique et l'Origine des espèces**) sont longuement et finalement analysées par P. Ostoya.

Avec Darwin (1859), on aborde la période moderne du transformisme, mais celui-ci subira encore maintes modifications. La Génétique, ou science expérimentale de l'Hérédité, créée par Johann Mendel (1865) introduira la conception atomique en biologie, et aussi la notion de variation brusque ou **mutation** (De Vries, 1886), qui avait été entrevue par Maupertuis et quelques autres, mais dont on n'avait pas encore tiré parti.

A dater de ce moment, le lamarckisme (variations adaptives déterminées par le milieu ou l'exercice organique, transmission des variations acquises) va sans cesse perdre du terrain, devant les conquêtes du **mutationnisme,** qui n'est, à tout prendre, qu'un **néo-darwinisme** (variations fortuites, triées par la sélection naturelle), où l'idée de mutation s'est substituée à l'idée de variation insensible.

Paul Ostoya examine rapidement l'état actuel du problème transformiste, en tenant compte des principaux apports de la science moderne. Si l'évolution n'est plus discutée par personne en tant que fait, en revanche, on est loin d'être d'accord sur les moyens mis en œuvre par la nature pour réaliser les transformations des espèces. L'hérédité des caractères acquis, qui est à la base du lamarckisme, n'a jamais pu être démontrée par l'expérience, et, de toute manière, elle ne suffirait pas à résoudre toutes les difficulté, car « elle laisse dans l'ombre les problèmes les plus graves, en premier lieu celui de l'origine des réactions adaptatives ». Les mutations sont

une réalité biologique incontestable, mais elles sont des variations purement fortuites, et, même avec l'aide de la sélection naturelle, on a peine à expliquer par elles la haute coordination de certains dispositifs organiques, en un mot, la finalité de fait que se manifeste dans les machines vivantes.

Paul Ostoya conclut avec une sage prudence qu' « il semble qu'il soit encore trop tôt pour chercher à imaginer les causes principales de la grande évolution... Sachons attendre les prochains progrès de l'embryologie, de la génétique, de la cytologie et de la biochimie ».

Le livre s'ouvre sur une belle Préface du Professeur Roger Heim, qui dénonce avec une éloquence vengeresse l'influence perturbatrice qu'a eue l'espèce humaine sur le cours et le rythme de l'évolution. Facteur de déséquilibre et de dégradation, dévastateur du manteau forestier, partiellement responsable de la désertification, destructeur d'espèces sauvages et exéateur d'espèces falsifiées. L'homme a joué un rôle « catastrophique » dans la nature et dans la planète. S'il persiste dans son œuvre d'apprenti sorcier, l'heure viendra, qui n'est pas si lointaine, où il « aura écrasé par sa stupidité et son orgueil à la fois ce que son génie aura édifié et ce que la vie, qui l'a engendré, aura créé... »

Jean ROSTAND.

P. PASCAL. — Chimie générale, tome 3. — Un vol. 472 p., 171 figures. Masson et Cie, éditeurs, Paris, 1951.

La spécialisation, conséquence du prodigieux développement de la science, a fait naître toute une littérature scientifique, dont souvent les spécialistes seuls peuvent tirer profit. Chaque science, chaque spécialité possède ses auteurs, ses théoriciens, attachés à leur branche et ceux-ci se désintéressent plus ou moins de toute généralité. Cet état d'esprit, qui se rencontre en particulier dans le domaine de la chimie, ne doit pas être encouragé sans réserve. Il est nécessaire que de temps en temps paraisse une publication d'intérêt plus général. Or, il devient difficile de trouver en France, hormis certains ouvrages de grande vulgarisation, un traité consacré à la chimie générale (c'est-à-dire à l'étude globale et comparative des principes et des lois fondamentales qui régissent la chimie), et de niveau suffisamment élevé pour que la lecture en soit utile aux maîtres, tout en restant accessible aux étudiants. Il ne s'agit pas de faire le procès de la spécialisation ; cette tendance devenue un besoin de notre siècle reste primordiale, voire parfois même indispensable. Mais cette univalence scientifique, qui se précise de jour en jour, tend à se propager au détriment de toute universalité spirituelle : l'analyse étouffe la synthèse. Et l'on en est arrivé au stade critique où le choix d'une spécialité devient, sinon une mesure de facilité, du moins une mesure de prudence.

Il serait injuste devant cet état de choses de rejeter la responsabilité entière sur les professeurs et encore moins sur les jeunes chimistes et agrégés qui se consacrent à l'étude de la chimie. Bon nombre d'entre eux, non encore désireux de se spécialiser, cherchent des documents et des ouvrages qui leur permettraient de poursuivre des études générales. Mais comme nous venons de le dire, ce sont justement ces ouvrages qui leur font défaut.

Le professeur Pascal, Membre de l'Institut, en publiant son traité de Chimie Générale, vient de combler cette lacune. L'esprit de synthèse trouve son expression dans le troisième volume de ce traité, lequel porte d'ailleurs le sous-titre significatif : « L'individu physico-chimique ».

Négligeant volontairement certaines acquisitions récentes, encore au stade de l'évolution, M. Pascal s'est surtout attaché à préciser les lois fondamentales et universellement reconnues de la chimie. La sélection qu'il a été contraint d'opérer lui sera vraisemblablement reprochée par certains spécialistes qui jugeront leur spécialité trop négligée (c'est le sort de toute sélection !) mais il est évident qu'elle s'impose et l'auteur a su la faire dans un esprit équilibré et avec clairvoyance.

L'auteur étudie dans ce volume la matière à l'état gazeux, à l'état liquide et à l'état solide ; les espèces chimiques réticulaires et les espèces chimiques macromoléculaires ; les radicaux libres et enfin les ions en solution. Les chapitres principaux sont précédés chacun d'un historique contenant des mises au point particulièrement intéressantes.

Au cours des chapitres, de nombreuses démonstrations complètes (un certain nombre parmi elles étant inédites ou tout au moins très peu répandues) étayent les thèses et les exemples. La présentation soignée du texte, des figures et des tableaux donne à l'ensemble une grande clarté. Facile à consulter, précis et suffisamment détaillé, cet ouvrage constitue l'outil de travail qui nous manquait et qui rendra les plus grands services aux professeurs et aux étudiants.

B. IMELIK.

PRÉVOST (Charles). — Leçons de Chimie organique. — Tome II : **Fonctions univalentes simples et répétées.** — 1 vol., 365 pages. Société d'Edition d'Enseignement Supérieur. Paris, 1951. Prix 1.200 francs.

Le professeur Charles Prévost fait paraître le tome II de ses « leçons de Chimie organique » à l'usage des candidats au Certificat de Chimie Générale et à l'Agrégation des Sciences Physiques.

Ce deuxième tome, qui fait suite aux généralités et aux hydrocarbures, traite des fonctions univalentes simples et répétées : dérivés halogénés, dérivés métalliques des hydrocarbures, dérivés nitrés, dérivés sulfonés, dérivés hydroxylés (alcools, glycols, triols, tétrols..., phénols, diphénols, triphénols...), dérivés hydrosulfurés, amines.

A la fin de ce tome, le lecteur trouvera de petits chapitres décrivant les principaux composés organiques du phosphore, de l'arsenic, de l'antimoine, du bismuth, du silicium et du bore.

Un style clair, un exposé précis et la présentation typographique soignée de la Société d'Edition S.E.D.E.S. rendent la lecture des différents chapitres fort aisée.

Le tome II est la digne continuation du tome I, de sorte qu'il n'est pas douteux qu'il obtienne le même succès mérité auprès de nombreux étudiants, aussi bien qu'auprès de nombreux chimistes.

A. WILLEMART.

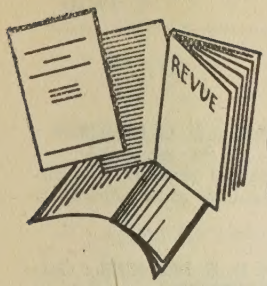
VINCENT (E. T.). — The theory and design of gas turbines and jet engines. — Un vol. 609 pages. Mc Graw-Hill book company, édit. New-York, Toronto et Londres. Prix : 7,5 dollars ou 60 schillings.

L'ouvrage concerne les moteurs à courants gazeux des trois types maintenant classiques : turbines à gaz (sans poussée ou avec poussée résiduelle), turbo-réacteurs, stato-réacteurs, à l'exclusion des fusées, dont il est à peine question, et des engins un peu moins au point, comme ceux basés sur le principe de la combustion pulsatoire. Le livre s'adressant à des étudiants élèves-ingénieurs mécaniciens, on a également laissé en général de côté les problèmes délicats soulevés par l'adaptation de ces moteurs à l'avion.

Une première partie rappelle les principes de thermodynamique nécessaires au sujet, en insistant praticulièrement sur la théorie des écoulements gazeux et sur les divers cycles utilisés dans les appareils étudiés. La seconde partie comporte un exposé de la théorie générale, suivi aussitôt de l'examen des modèles les plus connus. Enfin, la troisième partie reprend en détail les différentes parties des moteurs (compresseurs, turbines, chambres de combustion, alimentation) et étudie les qualités des combustibles et des matériaux de construction. Cette dernière partie prépare ainsi l'étudiant à l'établissement des projets, ou tout au moins des avant-projets, des machines en cause.

La plupart des chapitres se terminent par l'indication de problèmes proposés et l'ouvrage est abondamment fourni en références bibliographiques. Il s'agit donc là d'une œuvre pédagogique très soignée.

R. GUILLAUMIN.



LES REVUES

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUE FRANÇAISE

ARCHIVES DES SCIENCES (Genève), vol. 4, fasc. 3.

R. GALOPIN. — Les poussières éoliennes tombées à Genève en avril 1944 et le problème de leur origine.

ATOMES, n° 66, septembre 1951.

Le professeur Wiener répond à nos questions sur la cybernétique. — **A. GUILCHER** : La mer fait reculer les côtes. — **P. F. DENOIX** : La statistique en matière de cancer. — Médecin lieutenant-colonel **GENAUX** : Comment les radiations blessent et tuent. — **E. MERLIN** : Le froid, la climatisation.

ATOMES, n° 67, octobre 1951.

J. VIVIE : La vision et l'audition au cinéma. — **G. COMPAGNON** : Les plastiques dans le traitement de la tuberculose. — La recherche scientifique dans l'industrie textile. — **H. BUCKLE** : La microdureté.

ENDEAVOUR, volume X, n° 39, 1951.

Sir **Harold SPENCER JONES** : Origine du système solaire. — **H. J. J. WINTER** : La tradition islamique en astronomie. — **H. BOSCHMA** : Quelques baleines de petite taille. — **C. M. YONGE** : La forme des récifs de corail. — **Erna GROSSBARD** : Antibiotiques et antagonismes microbiens en pathologie végétale. — **T. A. BENNET-CLARK** : L'eau dans l'architecture des plantes. — **H. ROXBEE COX** : La gazéification souterraine du charbon. — **MEIRION THOMAS** : Les acides végétaux chez les plantes supérieures.

LA NATURE, n° 3197, septembre 1951.

R. de JOLY : Une grotte intéressante : Médous. — **L. PERRUCHE** : Les carbures de métaux durs, leurs emplois et leur avenir. — **R. MERLE** : D'étranges insectes Homoptères : Les Membracides. — **H. JARLAN** : Sources modernes d'éclairage. — **M. CRAMER** : Les hypnotiques barbituriques. — **J. BOYER** : La grande soufflerie aérodynamique de Modane. — **Ch. BROYER** : Le Cirque d'Archiane et le claps de Luc (Drôme). — **P. DEVAUX** : La conquête du Rhône (fin). — **A. FAYOL** : Sir Humphry Davy (1778-1829).

LA NATURE, n° 3198, octobre 1951.

P. ROUSSEAU : L'atmosphère du soleil. — **J. MILLOT** : Les Todas des Monts Nilgiri (Inde méridionale). — **H. JARLAN** : Sources modernes d'éclairage. — **E. AUBERT DE LA RUE** : La Guyane française. — **Dr L. CHAUVOIS** : D'Arsonval à 19 ans. — **H. GUÉRIN** : Les industries du bois.

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

EXPERIENTIA, vol. VI, fasc. 9, septembre 1951 et 10, octobre 1951.

W. O. LOCK and H. MUIRHEAU : Mesons. — **K. H. MEYER** : Ueber Feinbau, Festigkeit und Kontraktilität tierischer Gewebe.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE.

T. 251, n° 6, juin 1951.

H. E. STASSEN : Une liberté indivisible. — **F. EDELMAN** et **D. C. DRUCKER** : Quelques extensions de la théorie élémentaire de la plasticité. — **H. EPSTEIN** : Solution de régimes transitoires dans les réseaux quadrupolaires actifs. — **F. KOTTLER** : L'adaptation des résultats et la répartition des dimensions des particules. II.

T. 252, n° 1, juillet 1951.

H. B. BRYANS : Eloge de Charles Day. — **P. MOON** et **D. E. SPENCER** : Calculs d'éclairages pour divers luminaires. — **L. SILBERSTEIN** : L'effet de l'absorption progressive de la lumière dans un film d'épaisseur non négligeable. — **L. WEINBERG** : Solutions de quelques équations aux dérivées partielles. — **G. H. COHEN** : Note sur « une tentative opérationnelle à l'analyse des circuits non linéaires ».

PHILIPS RESEARCH REPORTS.

T. 6, n° 1, février 1951.

J. L. H. JONKER : La résistance interne d'une pentode. — **P. H. J. A. KLEIJNEN** : Le facteur de pénétration et le potentiel d'une triode à électrodes planparallèles. — **J. M. STEVELS** : Expériences et théories sur le facteur de puissances de verres en fonction de leurs compositions. — **W. C. van GEEL** et **J. W. A. SCHOLTE** : Capacité et pertes diélectriques d'une couche d'oxyde déposée par oxydation anodique sur de l'aluminium.

T. 6, n° 2, avril 1951.

H. BREMMER : La décharge d'une série de condensateurs égaux de résistance arbitraire montés en parallèle. — **B. D. H. TELLEGEN, E. KLAUSS** : Circuits résonants couplés par un quadrupôle passif pouvant violer la loi de réciprocité. — **H. G. BELJERS** et **W. J. VAN DE LINDT** : Mesures diélectriques avec deux tés magiques sur guides d'ondes courtes. — **H. C. HAMAKER** et **T. HEHENKAMP** : Transformations de prix minimum et chocs. — **P. SCHAGEN** : Sur le mécanisme de la stabilisation des cibles à grande vélocité dans les iconoscopes.

T. 6, n° 3, juin 1951.

H. B. G. CASIMIR : Sur la théorie des ondes électromagnétiques dans les cavités résonantes. — **J. L. MEIJERING** : La ségrégation dans les solutions régulières ternaires, II. — **G. DIEMER** : La conductance d'une diode micro-ondes dans la région exponentielle de sa caractéristique. — **J. B. DE BOER** : La visibilité des feux d'approche et de vol.

SCIENCE PROGRESS, octobre 1951.

R. P. BELL : La théorie moderne des solutions. — **P. G. H. BOSWELL** : Les recherches sur la rhéotropie des matériaux géologiques. — **G. M. BROWN** : La lumière nocturne. — **N. E. TOPP** : Les résines, échangeurs d'ions. Notes et chroniques.

GEOGRAPHICAL REVIEW, octobre 1951.

W. R. MEAD : Les « fermes nues » en Finlande : colonisation agricole par les réfugiés. — **D. VESEY-FITZGERALD** : De Hasa à Oman en automobile. — **P. SCOTT** : Les mines d'or du Witwatersrand. — **C. C. HELD** : La nouvelle Sarre. — **S. A. WENGERD** : Anciennes lignes de rivage de l'Ile de Baffin. — **J. M. MAY** : Carte de répartition de la malaria dans le monde. — **F. H. W. GREEN** : Les lignes d'autocars dans les Iles britanniques. — **G. MANLEY** : Fluctuations climatiques.

Dépôt légal 4e trimestre 1951 : n° 5258. Le Gérant : R. CONSTANS.
Imprimerie Jacques et Demontrond. — 9850 - 11-51.